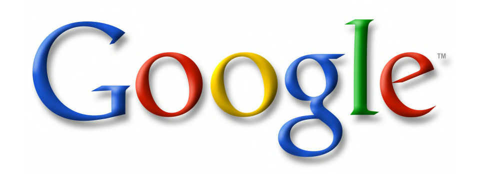
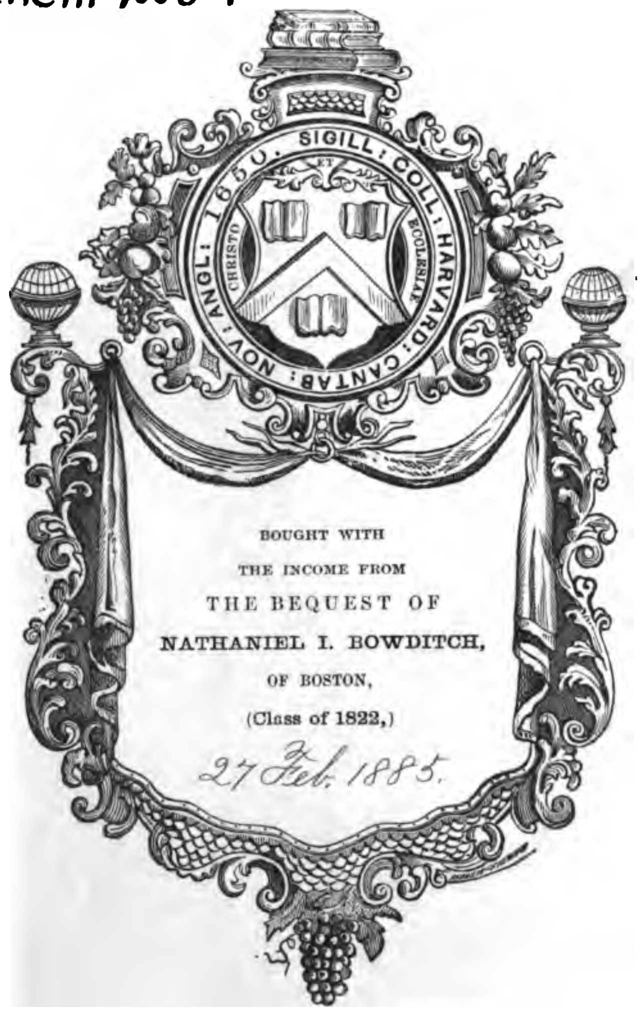
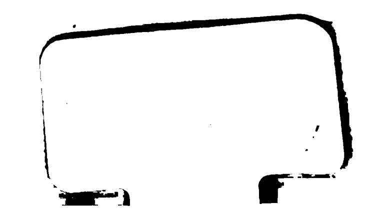
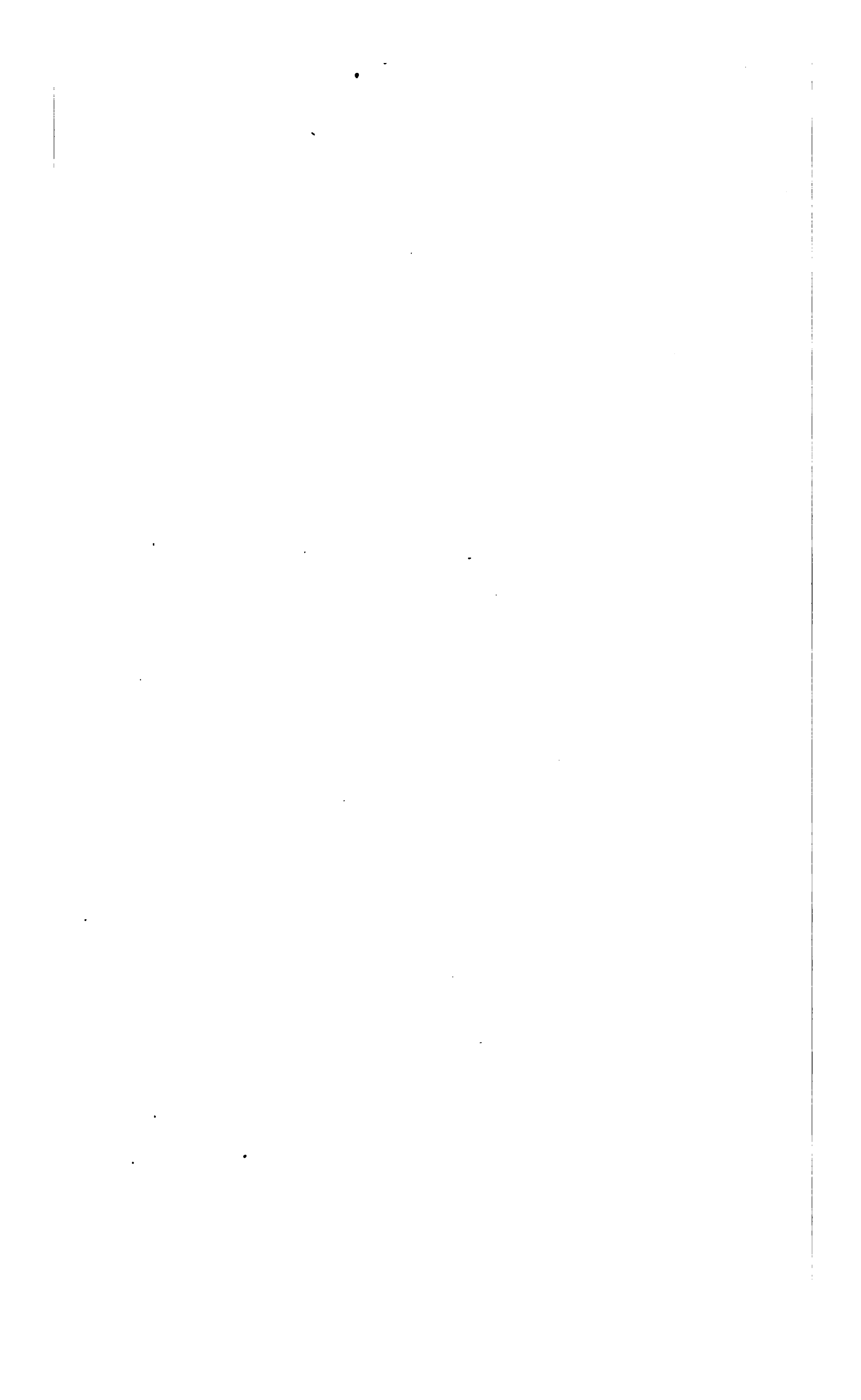





SIGILL : COLL : HARVARD : CANTAB : NOV : ANGL : 1650
CHRISTO ET ECCLESIAE
BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
NATHANIEL I. BOWDITCH,
OF BOSTON,
(Class of 1822,)
27 Feb. 1885.



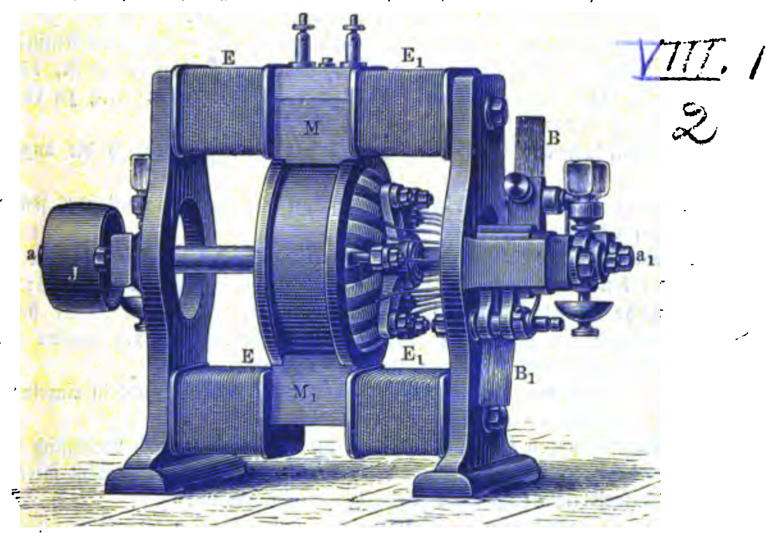




Bolley's Technologie. 34. (Bd. VIII. 1.)

Handbuch
der
chemischen Technologie.

In Verbindung
mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet, und herausgegeben von
Dr. P. A. Bolley,
weil. Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.
Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt
von
Dr. K. Birnbaum,
Hofrath und Professor der Chemie am Polytechnicum in Karlsruhe.



Acht Bände, die meisten in mehre Gruppen zerfallend.

Achten Bandes erste Abtheilung:

Die Metallverarbeitung.

Von **A. Ledebur,**
Professor an der Königl. Bergakademie zu Freiberg in Sachsen.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1882.

Ankündigung.

Dieses Werk hat seit Jahren die Thätigkeit des Herrn Herausgebers, der Herren Mitarbeiter und des Verlegers lebhaft in Anspruch genommen. Es darf dem technischen Publikum nach Plan, Ausführung der Bearbeitung, Ausstattung und Preis empfohlen werden.

Es ist bei dem raschen Vorschreiten der chemischen Technologie ein entschiedenes Bedürfniß geworden, das zerstreute reichhaltige Material, welches die technische Literatur in den letzteren Jahren lieferte, zu sammeln, zu sichten und das Brauchbare übersichtlich zu ordnen. Nur der geringere Theil der Thatsachen, durch welche sich der Umschwung in den Gewerben kund giebt, findet sich ohne Entstellung in technischen Zeitschriften, und was verschwiegen, was zu viel gesagt ist, läßt sich nur durch eigene Beobachtung oder persönliche Beziehung zu kundigen Praktikern herausfinden.

Es stellt sich das vorliegende Werk folgende Aufgaben durch die angegebenen Mittel:

1. Klare und vollständige Darlegung des heutigen Zustandes sämmtlicher auf Chemie gegründeten Gewerbe;
2. Nur durch Theilung des umfangreichen Stoffes unter verschiedene Bearbeiter kann mit Zuversicht der Aufgabe genügt werden, sich der Praxis so nahe als möglich anzuschließen. Sämmtliche Mitarbeiter stehen der Materie der von ihnen übernommenen Abtheilungen des Werkes entweder durch Praxis oder specielle Beobachtung nahe;
3. Das Werk wird in acht Bänden, von denen die Mehrzahl in einzelne Gruppen zerfällt, erscheinen;
4. Diese Gruppen sollen, mindestens die größeren, für sich verkäuflich sein und so dem technischen Publikum das jede einzelne Industrie zunächst interessirende Material thunlichst leicht zugängig gemacht werden;
5. Die rasche Erscheinung ist durch das Zusammenwirken vieler und ausgezeichneter Kräfte gesichert.

Friedrich Vieweg und Sohn.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Handbuch

der

chemischen Technologie

In Verbindung

mit

mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet,

und herausgegeben

von

Dr. P. A. Bolley,

weil. Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt

von

Dr. K. Birnbaum,

Hofrath und Professor der Chemie am Polytechnikum in Karlsruhe.

Acht Bände,

die meisten in mehre Gruppen zerfallend.

Achten Bandes erste Abtheilung:

Die Metallverarbeitung.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1882.

Die

Metallurgie.

Zweiter Band:

Metallverarbeitung.

Von

A. Ledebur,

Professor an der Königl. Bergakademie zu Freiberg in Sachsen.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1882.

Vorwort.

Obgleich in einem Handbuche der chemischen Technologie jedes Hinübertreten in das Gebiet der mechanischen Technologie so viel als irgend möglich vermieden werden sollte, so ist es doch gerade in der Abtheilung „Metallverarbeitung" kaum möglich, die Grenze zwischen beiden Gebieten stets mit Genauigkeit inne zu halten. Wo daher in Folgendem eine Berührung mit der mechanischen Technologie nicht ganz zu umgehen war — so bei den Abschnitten über die Formveränderungen durch Gießen und Dehnung —, da glaubte ich den Schwerpunkt der Besprechungen in die Erörterung der Arbeitseigenschaften der Metalle bezüglich der einzelnen Arbeiten wie der physikalischen und chemischen Vorgänge während dieser Arbeiten verlegen, das Arbeitsverfahren selbst aber in möglichster Kürze behandeln zu müssen. Mit größerer Vollständigkeit dagegen sind diejenigen Abschnitte bearbeitet worden, welche in gleichem Maße den Chemiker wie den Metallurgen interessiren, namentlich Legirungen und Galvanotechnik; und ich glaube, daß der Abschnitt über Legirungen zu den ausführlichsten wissenschaftlichen Abhandlungen gehört, welche bisher über diesen wichtigen Gegenstand geschrieben wurden.

Einige Rechtfertigung verdient vielleicht die Art und Weise, in welcher der sechste Abschnitt: „Metallpräparate" behandelt wurde. Dieser, in dem ursprünglichen Plane des Werks nicht enthalten und auch dem Gebiete der Metallurgie im engeren Sinne kaum angehörend, wurde später aufgenommen, nachdem sich bei der Vertheilung des gesammten Stoffs der chemischen Technologie auf die acht Bände des Werks einige Lücken gezeigt hatten, deren Ausfüllung wünschenswerth erschien. Daher erwarte der Leser keine umfassende Behandlung des ganzen durch die Ueberschrift angezeigten Gebiets; alle die

Metallpräparate, welche schon in früheren Bänden Besprechung gefunden hatten (verschiedene Eisenverbindungen im zweiten, Farben im fünften Bande), kamen natürlich hier außer Betracht; und unter den übrigen wurden, wie es den Zielen des vorliegenden achten Bandes entspricht, vorzugsweise diejenigen berücksichtigt, welche für die Metallverarbeitung irgend eine Verwendung finden, für galvanische Arbeiten, Kitte u. s. w.

Freiberg in Sachsen, im Mai 1882.

A. Ledebur.

Inhaltsverzeichniß.

Erster Abschnitt.

Die Legirungen.

	Seite
1) Allgemeines	1
2) Eigenschaften der Legirungen	6
a. Saigerung	6
b. Dichtigkeit	9
Kupferzinnlegirungen	11
Kupferzinklegirungen	17
Kupfersilberlegirungen	19
Kupfergoldlegirungen	20
Silbergoldlegirungen	21
Bleigoldlegirungen	22
Silberbleilegirungen	22
Antimonzinnlegirungen	23
Antimonwismuthlegirungen	24
Antimonbleilegirungen	24
Zinncadmiumlegirungen	25
Zinnwismuthlegirungen	25
Zinnsilberlegirungen	26
Zinnbleilegirungen	26
Zinngoldlegirungen	27
Cadmiumwismuthlegirungen	28
Cadmiumbleilegirungen	28
Wismuthsilberlegirungen	29
Wismuthbleilegirungen	29
Wismuthgoldlegirungen	30
Zinnquecksilberlegirungen	30
Bleiquecksilberlegirungen	31
c. Krystallisation	32
d. Festigkeit	33
Kupferzinnlegirungen	34
Festigkeit der Kupferzinnlegirungen	35

Seite
Kupferzinklegirungen 36
Zerreißungsfestigkeit von Kupfernickel- und Kupfernickelzinnlegirungen . . . 37
Zerreißungsfestigkeit verschiedener Legirungen des Kupfers mit Mangan, Zinn, Eisen, Zink 38
Kupferaluminiumlegirungen 39
Kupfergold- und Kupfersilberlegirungen 39
e. Härte 40
Kupferzinnlegirungen 40
Kupferzinklegirungen 41
Kupferaluminiumlegirungen 41
Goldkupfer- und Silberkupferlegirungen 42
Bleiantimonlegirungen 42
Bleizinnlegirungen 42
Zinkzinnlegirungen 42
f. Dehnbarkeit 43
g. Schmelztemperaturen 43
h. Ausdehnung durch die Wärme 47
i. Specifische Wärme 47
k. Wärmeleitungsfähigkeit 48
l. Leitungsfähigkeit für Elektricität 49
m. Farbe 49
n. Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse 53
3) Beispiele und Herstellung technisch verwendeter Legirungen 58
Kupferlegirungen 63
Bronzen 65
Geschützbronze 66
Glockenbronze 67
Spiegelbronze 68
Statuen-, Ornament- und Münzenbronzen 69
Maschinenbronze 74
Phosphorbronze 76
Manganbronze 77
Kupferzinklegirungen 78
Kupferaluminiumlegirungen, Aluminiumbronze 81
Goldlegirungen 83
Silberlegirungen 85
Nickellegirungen 87
Nickelkupferlegirungen 87
Neusilber, Argentan 88
Manganlegirungen 89
Manganeisenlegirungen 90
Mangankupfer 92
Mangankupferzinklegirungen, Manganneusilber 92
Eisenlegirungen 93
Eisenchromlegirungen 93
Eisenwolframlegirungen 94
Platinlegirungen 95
Platinkupfer 95
Platinsilber 95
Platingold 96
Platiniridium 96

	Seite
Zinnlegirungen	96
Zinnbleilegirungen	97
Weißmetall (Weißguß)	98
Britanniametall	99
Bleilegirungen	100
Hartblei	101
Bleiarsenlegirungen	102
Zinklegirungen	102
Quecksilberlegirungen (Amalgame)	103
4) Literatur	104

Zweiter Abschnitt.

Die mechanische Verarbeitung.

I. Die Formgebung durch Gießen	115
1) Die Arbeitseigenschaften der Metalle hinsichtlich ihrer Verwendung zur Gießerei	116
a. Schmelzbarkeit	116
b. Dünnflüssigkeit	118
c. Die Schwindung	119
d. Gasentwickelung	126
2) Die Schmelzöfen	129
a. Kessel	130
b. Tiegelöfen	131
c. Herdflammöfen ohne Tiegel	135
d. Schacht- oder Cupolöfen	141
3) Die Gußformen	144
a. Einmalige Gußformen	145
b. Beständige Gußformen	149
II. Die Formgebung durch Dehnung	152
1) Die Arbeitseigenschaften der Metalle hinsichtlich ihrer Formgebung durch Dehnung	152
a. Dehnbarkeit und Zähigkeit	152
b. Härte	159
2) Die Erhitzung der Metalle	160
a. Schmiedefeuer	160
b. Herdflammöfen	162
c. Gefäßöfen	163
3) Die formgebenden Apparate	166
a. Die Hämmer	167
b. Die Pressen	174
c. Die Walzwerke	175
d. Die Ziehbänke	179
4) Die Arbeitsmethoden	182
a. Das Strecken	182
b. Das Stauchen	183
c. Das Biegen	183
d. Die Erzeugung von Hohlkörpern	185
e. Das Punzen und Prägen	191
III. Literatur	192

Dritter Abschnitt.

Die Verbindung der Theile.

Seite
1) Allgemeines 196
2) Das Schweißen 199
3) Das Plattiren 202
4) Das Zusammenschmelzen 204
5) Das Löthen 206
6) Das Kitten 214
7) Literatur 216

Vierter Abschnitt.

Galvanotechnik (Galvanoplastik).

I. Lehrsätze 219
II. Die stromerzeugenden Apparate 224
III. Niederschläge ohne äußeren Strom 229
IV. Die Lösungen und das Arbeitsverfahren 230
A. Galvanoplastik im engeren Sinne 233
B. Galvanostegie 239
Verkupferung 239
Vermessingung 240
Bronzirung 241
Vernickelung 241
Vergoldung 242
Versilberung 242
Verzinnung 244
Verzinkung 244
Eisenüberzüge 244
C. Besondere Anwendungen der Galvanoplastik 245
Galvanographie 245
Heliographie (Photogalvanographie) 246
V. Literatur 246

Fünfter Abschnitt.

Oberflächenbehandlung.

1) Das Beizen und Färben 251
Das Beizen des Eisens 252
Beizen und Färben des Kupfers und seiner Legirungen 253
" " " " legirten Silbers 254
" " " " " Goldes 255
2) Das Aetzen 256
Beispiele 257
3) Metallüberzüge auf trockenem Wege 259
a. Metallüberzüge durch Aufschmelzen 259
Das Verzinnen 260
Die Herstellung des Weißblechs 261

Seite

Das Verzinken 265

b. Metallüberzüge durch Amalgamation (Feuervergoldung u. Feuerversilberung) 266

4) Die Oxydationsarbeiten 268

Oxydation des Eisens 269

Oxydation des Kupfers und seiner Legirungen 271

Irisiren 274

5) Das Emailliren 274

6) Eingelegte Arbeiten (Incrustation) 284

Das Tauschiren 284

Galvanische Incrustation 284

Niello oder Tulaarbeiten 285

7) Literatur 285

Sechster Abschnitt.

Metallpräparate.

1) Eisenpräparate 289

Eisenvitriol 289

2) Kupferpräparate 291

Kupfervitriol 291

Grünspan 292

3) Bleipräparate 294

Massicot, Bleiglätte 294

Mennige 295

Bleizucker 296

Bleiweiß 297

4) Zinkpräparate 300

Zinkvitriol 300

Zinkchlorid (Chlorzink) 301

Zinkweiß 302

5) Silberpräparate 303

Silbernitrat, Silbersalpeter 303

6) Goldpräparate 304

Goldchlorid 304

Goldsalz 304

Goldpurpur 304

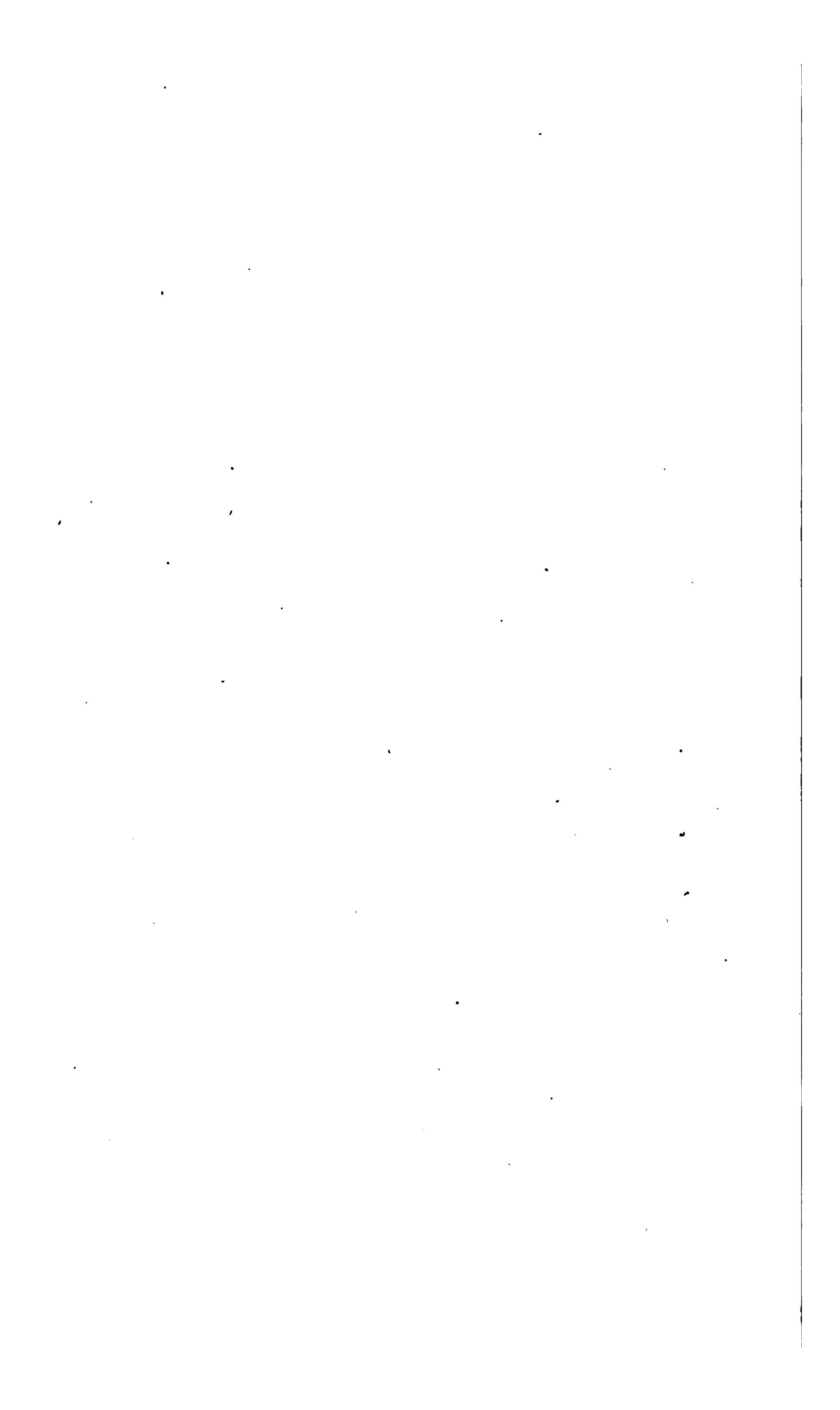
7) Nickelpräparate 305

Nickelvitriol 305

8) Manganpräparate 307

Chamäleon, Kaliumpermanganat 307

9) Literatur 308



Erster Abschnitt.

Die Legirungen.

---

1) Allgemeines.

Wenn wir irgend ein technisch dargestelltes Metall chemisch untersuchen, so werden wir in den meisten Fällen finden, daß in demselben kleinere oder größere Mengen eines oder auch mehrerer fremder Metalle anwesend sind. Wir finden im Handelseisen fast immer Mangan, Kupfer, häufig Kobalt und Nickel; im Handelskupfer Eisen, Blei, Silber, Gold, Nickel, Antimon und andere Metalle; im Zink Eisen, Arsen u. s. f. Die Anwesenheit dieser fremden Metalle aber läßt sich lediglich auf chemischem Wege mit Sicherheit nachweisen; sie sind weder dem Auge als selbstständige Körper erkennbar, noch ist eine Trennung auf rein mechanischem Wege zu ermöglichen.

Diese Thatsachen deuten auf ein ziemlich starkes Bestreben der Metalle hin, sich unter einander zu vereinigen; und eine Vereinigung zweier oder mehrerer Metalle in jener Weise, daß das einzelne Metall in der Vereinigung nicht mehr selbstständig zu unterscheiden ist, heißt eine Legirung.

Es ist bekannt, daß man bei Verhüttung der Erze gar häufig zunächst Legirungen mehrerer Metalle erhält, aus welchen dann die sogenannten reinen Metalle durch eine Reihe oft recht umständlicher chemisch-metallurgischer Processe abgeschieden werden müssen.

Durch die Legirung eines Metalles mit einem oder mehreren anderen werden die Eigenschaften desselben in bemerkenswerther Weise geändert; man kann den Schmelzpunkt erniedrigen, die Härte, Festigkeit erhöhen u. s. f. Bei Herstellung von Gebrauchsgegenständen aus Metallen erhält man also, indem man das zu benutzende Metall in geeigneter Weise legirt, ein vortreffliches Mittel, die Eigenschaften desselben in einer Weise zu beeinflussen, wie es dem jedesmaligen Zwecke am besten entspricht, nachtheilige Eigenschaften abzumindern, wünschenswerthe hervorzurufen; und hierin liegt der Grund, weshalb man thatsächlich Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn und andere Metalle seltener im reinen als im legirten Zustande verarbeitet.

Die Frage, welcher Art die Vereinigung der Metalle in den Legirungen sei, hat schon vielfach die wissenschaftliche Forschung beschäftigt; und wir verdanken dem Streben nach Beantwortung dieser Frage manche werthvolle Untersuchung über die Eigenschaften der Legirungen.

Von einer einfachen mechanischen Mengung mehrerer Metalle kann der oben gegebenen Erklärung des Begriffs einer Legirung zufolge überhaupt nicht die Rede sein; es bleibt also die Möglichkeit entweder einer chemischen Verbindung oder einer einfachen Lösung eines Metalls in dem andern, ähnlich, wie sich Kochsalz in Wasser, Aether in Alkohol, Schwefel in Schwefelkohlenstoff u. s. w. löst.

Auf eine chemische Vereinigung scheint die eintretende Wärmeentwickelung zu deuten, wenn gewisse Metalle im geschmolzenen Zustande mit einander gemischt werden (Aluminium mit Kupfer, Silber, Gold; Blei mit Wismuth u. a.); ferner die oft erheblichen Abweichungen in den physikalischen Eigenschaften der Legirungen von denjenigen ihrer Bestandtheile (Farbe, specifisches Gewicht, Schmelzpunkt, Leitungsvermögen für Elektricität u. a. m.); die Krystallisationsfähigkeit vieler Legirungen; endlich der Umstand, daß aus geschmolzenen Legirungen sich nicht selten feste Krystalle von abweichender Zusammensetzung ausscheiden, wenn die Legirungen nur wenig über ihren Schmelzpunkt erhitzt sind (Pattinson'scher Entsilberungsproceß des Werkbleies, bei welchem aus dem geschmolzenen silberhaltigen Blei Krystalle einer silberärmeren Legirung sich ausscheiden und durch Abschöpfen entfernen lassen, während das silberreichere Blei im flüssigen Zustande zurückbleibt). Man übersieht jedoch häufig, daß ganz ähnliche Vorgänge sich in zahlreichen Fällen auch bei Lösungen beobachten lassen nur mit dem Unterschiede, daß die Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur flüssig zu sein pflegen, während die Legirungen fast ausnahmslos erst in höherer Temperatur flüssige Form annehmen. Mischt man Schwefelsäure mit Wasser, so tritt in allen Fällen und unter allen Gewichtsverhältnissen Wärmeentwickelung ein, auch ohne daß jedesmal ein neues Hydrat der Schwefelsäure gebildet wird; die nämliche Erscheinung ist bemerkbar, wenn absoluter Alkohol mit Wasser gemischt wird, und bei manchen anderen Gemischen. Die physikalischen Eigenschaften gewöhnlicher Lösungen aber zeigen sich sehr häufig ebenso verschieden von denjenigen ihrer Bestandtheile als wir es bei manchen Legirungen zu sehen gewohnt sind. Löst man Kochsalz in Wasser, so ist das specifische Gewicht der Lösung größer, das Volumen also kleiner, als es rechnungsmäßig sein müßte, wenn eine einfache mechanische Mengung stattgefunden hätte; dieselbe Erscheinung zeigt sich bei den Lösungen zahlreicher anderer Salze und Flüssigkeiten, des Wassers mit Alkohol, mit Schwefelsäure und vielen anderen Körpern. Mitunter auch zeigt sich ein entgegengesetztes Verhalten, das specifische Gewicht der Lösung ist geringer, das Volumen größer als nach der durchschnittlichen Berechnung, so bei den meisten Ammoniaklösungen in Wasser u. a. m. Während der Schmelzpunkt des Chlornatriums bei circa 600° C., derjenige des gefrorenen reinen Wassers bei 0° C. liegt, erstarren Lösungen jenes Salzes in Wasser erst bei Temperaturen unter 0° und zwar in um so niedrigerer Temperatur, je reicher der Salzgehalt ist. Zahlreiche andere Lösungen zeigen ein ähnliches Verhalten. Kühlt man aber eine Kochsalzlösung langsam unter den Gefrierpunkt ab, so scheidet sich aus derselben zunächst eine erstarrte salzärmere Lösung aus und

eine salzreichere bleibt vorläufig in flüssigem Zustande zurück; bei weiter fortschreitender Abkühlung tritt eine abermalige Trennung in eine erstarrende salzärmere und eine zurückbleibende salzreichere Lösung ein u. s. f. Es ist das ein Verfahren, welches in nordischen Klimaten unter dem Namen Eisgradirung zur Concentration des Salzgehaltes im Meerwasser oder in armen Salzsoolen benutzt wird und thatsächlich viele Aehnlichkeit mit der oben erwähnten Anreicherung des Silbergehalts im Werkblei nach Pattinson's Verfahren besitzt. Auch in dieser Beziehung lassen sich noch zahlreiche Analogien nachweisen (aus einer wässerigen Lösung von Alkohol scheidet sich beim Erstarren zunächst eine alkoholärmere aus; u. s. f.).

Wenn sich aus diesen Vergleichen ergiebt, daß jene erwähnten Eigenschaften der Legirungen keineswegs einen sicheren Beweis für ihren Charakter als chemische Verbindungen bieten, so ist fernerhin auch ihre Krystallisationsfähigkeit nicht immer ein sicheres Merkmal chemischer Vereinigung. Denn obwohl die Krystalle der Legirungen mitunter sogar einem anderen Krystallsysteme angehören als die Krystalle jedes der betreffenden Einzelmetalle, so zeigt sich doch, daß ihre Zusammensetzung keineswegs immer bestimmten Atomverhältnissen entspricht, sondern sich in oft weiten Grenzen bewegt. So krystallisiren Gold-Zinnlegirungen mit einem Gehalte von 27 bis 43 Proc. Gold im viergliedrigen System, ohne daß eine Zusammensetzung nach Atomverhältnissen dazu nothwendig ist; Antimonzinklegirungen in allen Verhältnissen von 20 bis 70 Proc. Zink liefern schön ausgebildete rhombische Prismen oder Octaeder; u. s. f. Auch in Lösungen, welche bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, bilden sich bekanntlich beim Gefrieren Krystalle, deren Zusammensetzung durchaus nicht immer von chemischen Atomverhältnissen, sondern hauptsächlich von der Erstarrungstemperatur abhängig ist, und welche demnach nichts anderes sind, als erstarrte Lösungen; so z. B. bei den schon erwähnten Kochsalzlösungen in Wasser.

Die schon angedeutete Eigenschaft vieler Metalle aber, sich unabhängig von chemischen Atomgewichten in allen beliebigen Gewichtsverhältnissen mit einander zu legiren, weist unwiderleglich darauf hin, daß wenigstens nicht jede Legirung eine reine chemische Verbindung darstelle, sondern daß vielmehr in den meisten Fällen eine Lösung eines Metalles in einem anderen oder auch einer oder mehrerer chemischer Verbindungen in dem Ueberschusse eines der constituirenden Metalle vorhanden sein müsse. Daß thatsächlich wirkliche chemische Verbindungen zwischen zwei oder mehreren Metallen entstehen und im überschüssigen Metalle gelöst bleiben können, unterliegt kaum einem Zweifel; die Art dieser Verbindungen wird theils von dem allgemeinen chemischen Verhalten der Metalle unter einander, theils von den Gewichtsverhältnissen, nach denen die verschiedenen Metalle in der Legirung sich neben einander befinden, theils auch von dem Aggregatzustande und — bei geschmolzenen Legirungen — von der Temperatur abhängig sein, auf welche sie über ihren Schmelzpunkt erhitzt sind. Es ist sehr wahrscheinlich, daß durch eine starke Ueberhitzung über den Schmelzpunkt nicht selten eine andere Gruppirung der Atome zu erreichen ist als durch geringe Erhitzung, und daß beim Uebergange in den festen Zustand wiederum eine Aenderung in den gegenseitigen Beziehungen eintreten kann. Auch die Zeitdauer der gegenseitigen Einwirkung, die Art der

Mischung u. s. w. können hierbei von Einfluß sein. Es lassen sich hieraus theilweise die nicht selten beobachteten Abweichungen in den Eigenschaften scheinbar gleicher Legirungen erklären, wenn sie in verschiedener Weise hergestellt, auf verschiedene Temperaturen erhitzt oder verschieden lange Zeit im flüssigen Zustande erhalten waren.

Wir können demnach jede Legirung betrachten als eine Lösung verschiedener Metalle in einander, innerhalb welcher, gemäß dem verschiedenen Aggregatzustande und gemäß der verschieden hohen Temperatur, chemische Verbindungen der Metalle unter einander entstehen und wieder zerfallen können, ohne daß aber die Anwesenheit solcher Verbindungen das Wesen einer Legirung bedingt.

Wie wir aber bei Körpern, die in gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, täglich zu beobachten Gelegenheit haben, daß einzelne sich vollkommen leicht und in allen Gewichtsverhältnissen in einander lösen (Wasser und Alkohol, Aether und Alkohol), andere nur in beschränktem Maße diese Eigenschaft besitzen (Wasser und Aether; jede dieser beiden Flüssigkeiten löst nur eine beschränkte Menge der anderen auf), und noch andere sich gegenseitig gar nicht lösen, sondern, wenn sie mechanisch gemischt werden, sich vermöge ihrer verschiedenen specifischen Gewichte wieder von einander sondern, so finden wir auch bei den Metallen, daß, wenn sie im flüssigen Zustande gemischt werden, einzelne sich leicht und in jedem Gewichtsverhältnisse (vollständig), andere schwieriger und in beschränktem Maße (unvollständig), und wieder andere fast gar nicht mit einander legiren. Ein bestimmtes allgemeines Gesetz für die Legirungsfähigkeit der Metalle gegen einander giebt es nicht; durchschnittlich läßt sich jedoch beobachten, daß solche Metalle, deren chemisches Verhalten ähnlich ist, auch gewöhnlich leichter mit einander legirt werden können, als wenn große Unterschiede in dieser Beziehung obwalten.

Eisen legirt sich leicht und in allen Verhältnissen mit Mangan, Chrom, Wolfram, Molybdän, Nickel, Kobalt, Gold, Platin, Aluminium, Antimon, Arsen; nicht ganz so leicht mit Kupfer, obschon kleinere Mengen Kupfer sehr leicht vom Eisen und kleinere Mengen Eisen vom Kupfer aufgenommen werden; in beschränktem Maße mit Wismuth, Zinn, Zink; fast gar nicht mit Blei, Silber, Quecksilber.

Kupfer legirt sich leicht mit den meisten Metallen, insbesondere mit Gold, Silber, Zink, Zinn, Nickel, Antimon, Aluminium u. a., nur theilweise oder doch schwieriger mit Blei und Eisen. Viele dieser Legirungen besitzen große technische Wichtigkeit (siehe unten: Beispiele).

Gold legirt sich leicht mit den meisten Metallen. Vorzugsweise wichtig sind die Legirungen mit Silber und Kupfer.

Silber verhält sich ähnlich wie Gold. Schwieriger legirt es sich mit Eisen. Leicht legirbar ist das Silber auch mit Blei, noch leichter mit Zink. Da aber Zink und Blei nicht legirbar sind, so scheidet sich aus silberhaltigem Blei auf Zusatz von Zink das Silber in Legirung mit dem Zink aus (Entsilberungsverfahren durch Zink).

Zinn legirt sich leicht mit Blei, Antimon, Zink, Wismuth, Kupfer, Gold, Silber u. a.

Zink legirt sich in allen Gewichtsverhältnissen mit Kupfer, Zinn, Gold, Silber, Nickel, Antimon; in sehr beschränktem Maße mit Eisen (aus Zink, welches in eisernen Gefäßen geschmolzen wird, scheidet sich eine strengflüssigere, grobkrystallinische Eisenzinklegirung mit etwa 3 Proc. Eisen aus; in nadelförmigen Krystallen, welche von einem Stücke destillirten Zinks abgelöst waren, fand Erdmann 93,2 Proc. Zink, 6,5 Proc. Eisen, 0,3 Proc. Blei); fast gar nicht mit Wismuth (nach Versuchen von Matthiessen löst Zink höchstens 2,4 Proc. Wismuth und Wismuth höchstens 14,3 Proc. Zink) und ebenso wenig mit Blei (Zink löst höchstens 1,6 Proc. Blei und Blei höchstens 1,6 Proc. Zink; vergl. oben Silber).

Blei legirt sich leicht mit Zinn, Antimon, Wismuth, Silber, Gold; fast gar nicht mit Zink (vergl. Zink); wenig mit Eisen (beim Mischen beider Metalle sinkt das Blei unter und das Eisen bleibt fast bleifrei; dagegen fand man in Eisenhochöfen theils würfelförmige, theils nadelförmige Krystalle, welche nach Sonnenschein 88,76 Proc. Blei und 11,14 Proc. Eisen enthielten und vermuthlich durch Einwirkung von gasförmigem Blei auf reducirtes Eisen entstanden waren).

Nickel legirt sich vollständig mit Kupfer, Eisen, Mangan, Zink, Zinn, Silber, Kobalt, vermuthlich auch mit Gold; unvollständig oder gar nicht mit Blei.

Kobalt verhält sich ähnlich wie Nickel.

Aluminium legirt sich vollständig mit Kupfer, Silber, Gold, Eisen und mehreren anderen Metallen, häufig unter lebhafter Licht- und Wärmeentwickelung.

Wismuth legirt sich leicht und vollständig mit Zinn, Blei, Silber, Gold, Kupfer u. a.; unvollständig mit Zink (vergl. Zink).

Antimon legirt sich vollständig mit Blei, Zinn, Zink, Eisen, Kupfer.

Cadmium legirt sich leicht und vollständig mit vielen Metallen, insbesondere mit Zinn, Blei, Wismuth, Gold, Silber, Kupfer, Zink.

Platin geht mit fast allen Metallen Legirungen ein. Eine Folge davon ist das Schmelzen der Platintiegel, wenn sie mit einem Körnchen eines anderen Metalls zusammenkommen.

Quecksilber legirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Zinn, Blei, Wismuth, Gold, Aluminium, Antimon, Zink zu quecksilberreicheren Legirungen, vollständig, d. h. in allen Gewichtsverhältnissen, bei Erhöhung der Temperatur. Schwieriger legirbar ist das Kupfer mit Quecksilber; gar nicht oder in nur sehr beschränktem Maße Eisen, Kobalt, Nickel. Die Quecksilberlegirungen werden Amalgame genannt. Sie sind bei gewöhnlicher Temperatur, wenn der Quecksilbergehalt vorwiegt, gewöhnlich flüssig, dagegen breiartig oder fest bei größerem Gehalte der anderen Metalle.

Man nennt Legirungen, welche aus zwei Metallen zusammengesetzt sind (abgesehen von den etwa zufällig anwesenden kleinen Mengen fremder Metalle), binäre; solche aus drei Metallen ternäre; aus vier Metallen quaternäre.

2) Eigenschaften der Legirungen.

a. Saigerung.

Bereits in Vorstehendem wurde darauf hingedeutet, daß, wenn geschmolzene Legirungen langsam unter ihren Schmelzpunkt abgekühlt werden, sich dabei häufig eine Trennung in mehrere verschieden zusammengesetzte Legirungen vollzieht. Zuerst erstarren in der noch flüssigen Masse Legirungen mit höherem Schmelzpunkte, und erst bei weiterer Abkühlung wird allmälig die ganze Masse fest. Auch durch vorsichtiges Erhitzen einer starren Legirung läßt sich mitunter ein gleicher Vorgang hervorrufen; eine in niedrigerer Temperatur schmelzbare Legirung wird flüssig und läßt sich mitunter vollständig von der zurückbleibenden, erst in höherer Temperatur schmelzenden Legirung trennen. Man nennt diesen, einem Zerfallen chemischer Verbindungen ähnlichen, aber dennoch, wie schon oben erörtert wurde, lediglich auf der Verschiedenheit der Erstarrungs- beziehentlich Schmelztemperaturen verschieden zusammengesetzter Lösungen beruhenden Vorgang **Saigern** oder **Saigerung.** Bei der Gewinnung der Metalle macht man von demselben mitunter Anwendung, um ein Metall oder eine an Edelmetall reichere Legirung von einem anderen Metalle oder einer anderen Legirung zu trennen (Pattinson-scher Proceß, Aussaigern von silberhaltigem Blei aus Kupferdörnern); bei der Verarbeitung der Metalle dagegen wirkt er stets hinderlich, und man sucht ihn nach Möglichkeit zu vermeiden. Denn da die physikalischen Eigenschaften einer Legirung — Festigkeit, Dehnbarkeit, Härte, Farbe u. v. a. — in naher Beziehung zu der durchschnittlichen Zusammensetzung derselben stehen und oft schon bei geringer Aenderung der letzteren nicht unerhebliche Verschiedenheiten zeigen, so werden die Eigenschaften eines mit Saigerung erstarrten Metallstücks nicht nur andere und für die Verwendung des Gebrauchsgegenstandes weniger geeignete sein, als sie bei gleichmäßiger Erstarrung gewesen sein würden, sondern sie werden auch an den verschiedenen Stellen desselben Gegenstandes Abweichungen zeigen, welche die Brauchbarkeit desselben beeinträchtigen oder ganz vereiteln können.

Im Allgemeinen zeigt sich die Saigerung um so deutlicher, die Verschiedenheit in der Zusammensetzung der neben einander entstehenden Legirungen und somit auch in den Eigenschaften an verschiedenen Stellen des erstarrten Metallstücks um so beträchtlicher, je allmäliger die Abkühlung der geschmolzenen Legirung vor sich ging. Rasche Abkühlung einer im Erstarren begriffenen Legirung ist daher ein wirksames Mittel, die Saigerung zu verhindern oder auf ein schwächeres Maß zu beschränken.

Es folgt hieraus von selbst, daß die Eigenschaften einer und derselben Legirung durch Umschmelzen und erneutes Erstarrenlassen geändert werden können, wenn in dem einen Falle die Saigerung mehr als in dem anderen befördert oder erschwert wird; und ferner, daß die Saigerung im Allgemeinen in um so stärkerem Maße auftreten wird, je dickere Querschnitte ein gegossenes Metallstück besitzt.

Da beim Erstarren flüssiger Metalle und Legirungen die Abkühlung von den Außenflächen nach der Mitte hin vorschreitet, dort rascher, hier langsamer vor sich geht; so pflegt an den Außenflächen eine Concentration strengflüssigerer, in der Mitte eine Concentration leichtflüssigerer Legirungen einzutreten, überhaupt aber die Saigerung deutlicher in der Mitte eines gegossenen Metallblocks als außen wahrnehmbar zu sein. Da aber viele Körper im Augenblicke des Erstarrens sich ausdehnen, also ihr specifisches Gewicht verringern, und somit auf der noch nicht erstarrten Flüssigkeit schwimmen (Eis auf Wasser, festes Gußeisen auf geschmolzenem), so erklärt es sich, daß, wenn Saigerung stattfindet, nicht nur die Außenflächen des erstarrten Metallstücks, sondern auch die oberen Querschnitte desselben eine Concentration der strengflüssigeren Legirung zeigen, während in anderen Fällen, wo jenes Verhalten nicht stattfindet, wo also, mit einem Worte, die zuerst erstarrende Legirung specifisch schwerer ist als die noch flüssig bleibende, sie am Boden des Metallstücks sich anhäuft. Abweichungen in der Zusammensetzung der oberen und unteren Querschnitte einer gegossenen und erstarrten Legirung beweisen also keinesfalls, wie man nicht selten annimmt, daß schon im flüssigen Zustande eine Trennung verschieden zusammengesetzter Legirungen stattgefunden habe, sondern nur, daß die in Folge der eintretenden Saigerung zuerst ausscheidende Legirung in jener Temperatur ein anderes specifisches Gewicht besessen hat als die noch nicht erstarrte leichtflüssigere Legirung; und es läßt sich ferner hieraus nicht folgern, daß die specifischen Gewichte der getrennten Legirungen sich im erkalteten Zustande nun auch ebenso verhalten müssen, als im Augenblicke der Saigerung, mit anderen Worten, daß die zu oberst befindliche Legirung auch nach dem Erkalten die specifisch leichtere sei.

Die Eigenschaft des Saigerns zeigt sich jedoch nicht bei allen Legirungen in gleichem Maße. Einzelne saigern so stark, daß dieser Vorgang selbst durch die rascheste Abkühlung nicht ganz sich verhindern läßt; bei anderen zeigt sich auch bei ruhiger Abkühlung kaum eine Spur von Saigerung. Man nennt die nicht saigernden Legirungen constante. Mitunter treten solche constante Legirungen einzeln aus einer größeren, die nämlichen Metalle enthaltenden, Gruppe saigernder Legirungen heraus und pflegen dann nach bestimmten Atomverhältnissen zusammengesetzt zu sein, so daß man in diesem Falle wohl auf das Vorhandensein wirklicher chemischer Verbindungen schließen darf. Da jedoch die Entstehung solcher chemischer Verbindungen unläugbar von äußeren Verhältnissen, Temperatur, Zeitdauer des flüssigen Zustandes u. a. m. abhängig ist, so erklärt es sich, daß die Bereitungsweise der Legirungen nicht ohne Einfluß auf ihre Saigerungsfähigkeit ist, und daß man manchen Widersprüchen über die Zusammensetzung constanter Legirungen auch in den Angaben zuverlässiger Forscher begegnet.

Unter den **Kupferzinnlegirungen** zeigen die meisten ein sehr deutliches Bestreben zu saigern, welches im Allgemeinen mit dem Zinngehalte zunimmt. Aus kupferreicheren Legirungen scheiden sich in den langsamer erkaltenden Stellen der Gußstücke zinnreichere Krystalle aus, welche durch ihre hellere Farbe sich deutlich von der eigentlichen Legirung unterscheiden und Zinnflecke genannt werden. Bei denjenigen Legirungen, welche mehr als 50 Proc. Zinn enthalten, sind nach Riche die oberen Querschnitte zinnreicher, die unteren kupferreicher; bei den

zinnärmeren Legirungen dagegen ist ein Unterschied in den oberen und unteren Querschnitten nicht bemerkbar. Nach Künzel sind alle Zinnkupferlegirungen mit weniger als 5 Proc. Zinn (mehr als 95 Proc. Kupfer) constant, ebenso diejenige, welche 17,7 Proc. Zinn und 82,3 Proc. Kupfer enthält ($Cu_{17}Sn_2$); Riche dagegen bezeichnet die Legirungen: 38,2 Zinn mit 61,8 Kupfer ($SnCu_3$) und 31,7 Zinn mit 68,3 Kupfer ($SnCu_4$) als constante; und bestätigt, daß im Uebrigen die Saigerung in denjenigen Legirungen verhältnißmäßig am geringsten sei, in welchen die Menge des Zinns zu der des Kupfers sich wie 1 : 5 verhalte (deren Zusammensetzung also annähernd derjenigen der von Künzel als constant bezeichneten Legirung $Cu_{17}Sn_2$ entspräche).

Durch Zusatz von kleinen Mengen Zink zu den Kupferzinnlegirungen sucht man mitunter deren Saigerungsfähigkeit abzumindern; französische Geschütze, welche von Riche untersucht wurden, enthielten

	Cu	Sn	Zn	Pb
im Innern	89,44	8,91	1,39	0,16
am Umfange . . .	89,04	9,51	1,30	0,16

während in den um die Achse des Geschützes herum angehäuften Zinnflecken der Zinngehalt 12,3 bis 14,5 Proc. betrug. Jedenfalls war die Saigerung nicht beträchtlich und auffallenderweise zeigt sich in der durchschnittlichen Zusammensetzung eine Anreicherung des Zinngehalts nach dem Umfange hin [1]).

Kupferzinklegirungen besitzen sehr geringe oder gar keine Neigung zum Saigern und zeichnen sich hierdurch vortheilhaft vor den Kupferzinnlegirungen aus.

Kupferbleilegirungen saigern stark. Aus kupferhaltigem Blei läßt sich durch vorsichtiges Erhitzen das Blei ausschmelzen und das Kupfer bleibt in Form sogenannter Kupferdörner zurück (Bd. 7, S. 185).

Silberkupferlegirungen, welche von Levol und später auch von Roberts untersucht wurden, zeigen fast sämmtlich starke Neigung zum Saigern, ein Umstand, der für ihre Verwendung zu Münzen nicht ohne Wichtigkeit ist und die Herstellung gleichmäßig zusammengesetzter Münzplatten erschwert. Levol betrachtet die Legirung Ag_3Cu_2 (71,893 Proc. Silber enthaltend) als constante und nimmt an, daß alle übrigen Silberkupferlegirungen Lösungen jener Legirung in überschüssigem Kupfer oder in überschüssigem Silber darstellen. Wenn sich auch die Richtigkeit dieser Theorie anfechten läßt, so ergiebt sich doch mit ziemlicher Sicherheit aus Levol's Versuchen, daß unter allen Silberkupferlegirungen jene genannte zu den am wenigsten saigernden gehört. In Legirungen, deren Silber-

---

[1]) Es folgt jedoch hieraus keineswegs, daß die gefundene Zusammensetzung der äußeren Theile auch genau die Zusammensetzung der zuerst erstarrenden Legirung darstellt. Nach dem Erstarren zieht sich die am Umfange entstandene Kruste zusammen und übt dabei einen starken Druck auf die in der Mitte eingeschlossenen leichtflüssigeren — in diesem Falle zinnreicheren — Legirungen aus, wodurch dieselben in die Poren der erstarrten Kruste hineingequetscht werden. Bei einzelnen zinnreicheren Legirungen (Glockenbronzen) erscheinen mitunter diese zuletzt erstarrenden, durch die Poren der Kruste hindurchgedrückten Legirungen als Kügelchen an der Außenfläche des gegossenen Metallstücks oder bilden sogar massenhaft förmliche Auswüchse.

gehalt höher ist als 71,893 Proc., steigt nach der Mitte des gegossenen Metallstücks der Silbergehalt, in den silberärmeren der Kupfergehalt. Bei der Legirung mit 69,5 Proc. Silber zeigten sich außerdem die oberen Querschnitte kupferreicher, die unteren silberreicher.

Goldkupferlegirungen, von denen Levol eine Reihe mit 23,7 bis 92,5 Proc. Gold untersuchte, zeigten kaum merkliche Saigerung, sobald wirkliche Legirung der beiden Metalle eingetreten war; um dieselbe zu bewirken, bedurfte es jedoch, besonders bei den goldreicheren, eines mehrmaligen Umschmelzens und häufigen Rührens.

Goldsilberlegirungen verhalten sich nach Levol's Versuchen analog den Goldkupferlegirungen, d. h. saigern nicht, sobald wirkliche Legirung eingetreten ist.

Bleisilberlegirungen saigern stark, wie sich schon aus der Anwendung dieses ihres Verhaltens für den Pattinsonproceß ergiebt. Levol fand, daß der Silbergehalt in der Mitte der gegossenen und erstarrten Legirungen beträchtlicher sei, wie es auch dem schon oben erwähnten Verlaufe des Pattinsonprocesses entspricht.

Zinkzinnlegirungen zeigen ebenfalls starke Saigerung, die besonders bei vorwiegendem Zinkgehalte zu Tage tritt.

b. Dichtigkeit.

Das specifische Gewicht oder die Dichtigkeit der Legirungen stimmt nur in einzelnen Fällen annähernd genau mit demjenigen überein, welches sich durch Berechnung aus den specifischen Gewichten der Bestandtheile und dem Procentgehalte derselben ergeben würde, d. h. mit dem specifischen Gewichte, welches eine rein mechanische Mischung der Bestandtheile besitzen würde. In einzelnen Fällen ist das wirkliche specifische Gewicht größer als das berechnete, es hat also durch die Legirung Verdichtung, Zusammenziehung stattgefunden; in anderen Fällen ist es geringer, das Volumen der Legirung ist größer, es hat — wenigstens scheinbar — Ausdehnung stattgefunden.

Da die hierauf bezüglichen Ermittelungen nur Legirungen im erstarrten und abgekühlten Zustande betreffen, so kann jene Veränderung des Volumens — Zusammenziehung oder Ausdehnung — dreierlei verschiedene Ursachen haben: sie kann entweder durch den Vorgang der Legirung selbst hervorgerufen und demnach schon im flüssigen Zustande eingetreten sein; oder sie kann zweitens die Folge einer Veränderung des Ausdehnungscoefficienten (in diesem Falle besser als „Zusammenziehungscoefficient" zu bezeichnen) der legirten Metalle sein; wächst derselbe, so wächst mit ihm das specifische Gewicht der erkalteten Legirung; oder drittens kann sie der Veränderung eines Vorganges entsprossen sein, der sich bei vielen Körpern im Augenblicke des Ueberganges aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand beobachten läßt und in einer mehr oder minder bedeutenden plötzlichen Ausdehnung im Augenblicke des Erstarrens besteht. Es ist allgemein bekannt, daß Wasser seine größte Dichtigkeit bei etwa + 4° C. besitzt, sich bei weiterer Abkühlung ausdehnt und beim Gefrieren das Gefäß zersprengt, in dem

es eingeschlossen war; und daß eine andere Folge dieser Ausdehnung das Schwimmen des Eises auf dem Wasser ist. Dieselbe Eigenschaft besitzen viele Metalle, wie sich trotz mancher dagegen erhobener Zweifel beweisen läßt [1]). Ist die Ausdehnung der Legirung nun größer als sie im Verhältnisse zu der Ausdehnung der Einzelmetalle sein müßte, so fällt offenbar das specifische Gewicht nach dem Erkalten geringer aus; und umgekehrt. Obgleich es für die Verwendung der Legirungen für die Gießerei nicht ganz gleichgültig ist, aus welcher dieser Ursachen in jedem einzelnen Falle die Veränderung des specifischen Gewichts hervorgegangen ist (vergl. unten „Schwindung"), so fehlt doch hierüber noch jede Ermittelung, und es ist nicht zu verkennen, daß zuverlässige Untersuchungen in dieser Richtung mit nicht geringen Schwierigkeiten zu kämpfen haben würden. Man begnügte sich daher bislang, durch Gegenüberstellung der aus der Berechnung sich ergebenden und der thatsächlich gefundenen specifischen Gewichte der Legirungen die totale im erkalteten Zustande eingetretene Ab- oder Zunahme des Volumens (Verdichtung oder Ausdehnung) festzustellen.

Aber auch die Ergebnisse solcher Untersuchungen müssen mit Vorsicht aufgenommen werden, denn bekanntlich schwankt das specifische Gewicht jedes einzelnen Metalls zwischen ziemlich weiten Grenzen und ist von der Art und Weise der vorausgegangenen Bearbeitung und Behandlung des Metalls abhängig [2]); es ist daher nothwendig, nicht allein für jeden derartigen Versuch das specifische Gewicht der verwendeten Einzelmetalle genau festzustellen, sondern auch Sorge zu tragen, daß bei allen Ermittelungen Fehlerquellen, wie sie durch Anwesenheit von Gasblasen oder kleinen Hohlräumen überhaupt in gegossenen Metallstücken sehr leicht entstehen können, möglichst vollständig vermieden werden, indem man die Metalle entweder im feingepulverten Zustande oder nach einer vorausgegangenen mechanischen Verarbeitung, durch welche jene Undichtigkeiten entfernt werden, der Bestimmung ihres specifischen Gewichts unterzieht. Bei Legirungen kommt aber noch hinzu, daß in Folge der Saigerung das specifische Gewicht der Metallstücke an verschiedenen Stellen oft nicht unerhebliche Abweichungen zeigt, und man daher auch diesem Umstande Rechnung tragen muß, um ein durchschnittlich richtiges specifisches Gewicht zu erhalten. Anderentheils aber haben manche Forscher den Irrthum begangen, für das berechnete specifische Gewicht einfach das arithmetische Mittel aus den specifischen Gewichten der Bestandtheile und der relativen Menge der letzteren anzunehmen; bezeichnet

M das berechnete specifische Gewicht der Legirung,

---

[1]) Zum Beweise, daß Gußeisen sich thatsächlich beim Erstarren ausdehne, goß Schott ein Rad in einer eisernen Form, welche durch zwei radiale, normal gegen den Umfang gerichtete Schnitte in zwei gleiche Hälften getheilt, durch eine kräftige Feder aber zusammengehalten war. In dem Augenblicke, wo die Erstarrung eintrat, wurden die beiden Hälften der Gußform aus einander gedrückt, so daß das glühende Eisen durch den, mehrere Millimeter weiten, Spalt hindurchschimmerte; erst allmälig mit eintretender Abkühlung schloß sich der Spalt wieder. Ich selbst bin mehrfach Zeuge dieses interessanten Versuchs gewesen.

[2]) Vergl. Bd. 7, S. 31.

W und *w* die Gewichtsmengen der Bestandtheile,
P und *p* die specifischen Gewichte derselben,
so setzten sie

$$M = \frac{W.P + wp}{W + w}.$$

Daß diese Formel irrig ist, ergiebt sich sofort, wenn man erwägt, daß das specifische Gewicht eines Körpers abhängig ist von seinem Volumen, daß es gleich ist seinem absoluten Gewichte dividirt durch das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers. Das Gewicht des Wassers, welches durch *W* Gewichtstheile eines Körpers von dem specifischen Gewichte *P* verdrängt wird, ist aber $\frac{W}{P}$; das Gewicht des durch *w* Gewichtstheile des Körpers von dem specifischen Gewichte *p* verdrängten Wassers ist $\frac{w}{p}$; mithin

$$M = \frac{W + w}{\frac{W}{P} + \frac{w}{p}} = \frac{(W + w)Pp}{Wp + wP}.$$

Von den bisher angestellten Ermittelungen über die specifischen Gewichte der Legirungen, insbesondere auch über die Beziehungen zwischen den wirklichen und den rechnungsmäßigen specifischen Gewichten, also über die stattgehabte Vergrößerung oder Verkleinerung des Volumens, sind in Folgendem die zuverlässigsten ausgewählt.

Kupferzinnlegirungen.

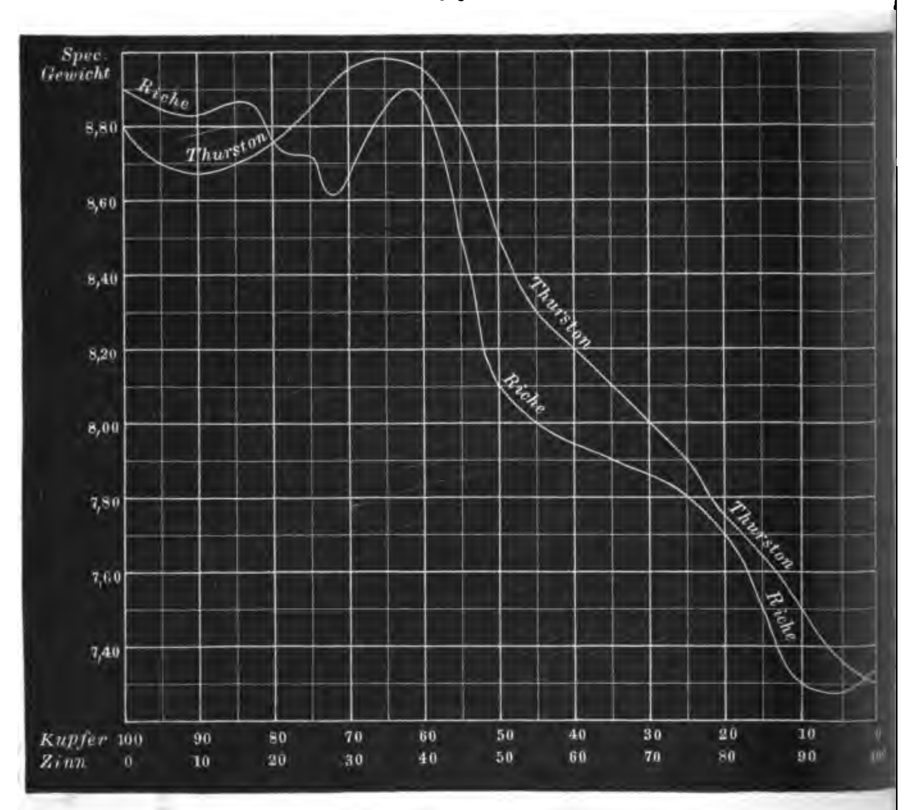
Ermittelungen, welche von Riche und von Thurston angestellt wurden, gaben die unten aufgeführten Ergebnisse. Riche ermittelte, um die oben erwähnten Fehlerquellen zu vermeiden, das specifische Gewicht mit Hülfe von Metallspänen, welche zur Austreibung der zwischen ihnen etwa eingeschlossenen Luft in dem zur Gewichtsbestimmung dienenden Fläschchen gekocht wurden; Thurston benutzte Stücke von 50 bis 75 g Gewicht, möglichst frei von Blasen, welche aus einem größeren, zuvor für Festigkeitsbestimmungen verwendeten Stabe entnommen waren. Sie wurden zuerst, um vollständig gereinigt zu werden, in Alkohol gewaschen, getrocknet, zwei bis drei Stunden in Wasser gekocht, um die in den Poren eingeschlossene Luft so viel als möglich auszutreiben, dann, nachdem sie in dem Gefäße, welches zum Auskochen benutzt war, erkaltet waren, brachte man sie, um noch zurückgebliebene Lufttheilchen vollends zu entfernen, unter den Recipienten einer Luftpumpe und hierauf rasch in das mit destillirtem Wasser gefüllte Becherglächen, in welchem sie, während sie an einer sehr feinen Platindrahtschlinge an dem Wagearme aufgehängt waren, gewogen wurden.

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte							
			nach Riche				nach Thurston			
					Differenz				Differenz	
Kupfer	Zinn	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,00	—	Cu	8,89	—	—	—	8,791	—	—	—
98,10	1,90	$SnCu_{96}$	—	—	—	—	8,564	—	—	—
97,50	2,50	—	—	—	—	—	8,511	—	—	—
96,27	3,73	$SnCu_{48}$	—	—	—	—	8,649	8,712	0,063	—
92,80	7,20	$SnCu_{34}$	—	—	—	—	8,694	—	—	—
92,59	7,50	—	—	—	—	—	8,684	—	—	—
90,00	10,00	—	—	—	—	—	8,669	8,614	—	0,055
89,00	11,00	$SnCu_{16}$	8,84	8,69	—	0,15	—	—	—	—
87,50	12,50	—	—	—	—	—	8,648	—	—	—
86,57	13,43	$SnCu_{12}$	—	—	—	—	8,681	8,534	—	0,147
84,33	15,67	$SnCu_{10}$	8,87	8,60	—	0,27	—	—	—	—
82,50	17,50	—	—	—	—	—	8,792	—	—	—
81,15	18,85	$SnCu_8$	8,84	8,54	—	0,30	—	—	—	—
80,00	20,00	—	—	—	—	—	8,740	8,444	—	0,296
79,02	20,98	$SnCu_7$	8,72	8,50	—	0,22	—	—	—	—
77,50	22,50	—	—	—	—	—	8,917	—	—	—
76,32	23,68	$SnCu_6$	8,72	8,46	—	0,26	8,565(?)	—	—	—
72,91	27,09	$SnCu_5$	8,62	8,40	—	0,22	—	—	—	—
72,50	27,50	—	—	—	—	—	8,925	8,318	—	0,607
70,00	30,00	—	—	—	—	—	8,932	—	—	—
68,25	31,75	$SnCu_4$	8,75	8,32	—	0,43	8,938	8,250	—	0,688
67,50	32,50	—	—	—	—	—	8,907	—	—	—
65,00	35,00				-		8,947			-
62,50	37,50						[illegible]			

57,50	42,59	—	—	—	—	—	8,781	—	—	—
56,32	43,68	Sn_5Cu_{12}	—	—	—	—	8,682	—	—	—
52,50	47,50	—	—	—	—	—	8,643	—	—	—
51,80	48,20	$SnCu_2$	8,15	8,04	—	0,11	8,560	7,999	—	0,561
47,95	52,05	Sn_7Cu_{12}	—	—	—	—	8,442	—	—	—
47,50	52,50	—	—	—	—	—	8,446	—	—	—
44,63	55,37	Sn_2Cu_3	8,06	7,93	—	0,13	8,312	7,893	—	0,419
42,50	57,50	—	—	—	—	—	8,437	—	—	—
41,74	58,26	Sn_3Cu_4	—	—	—	—	8,302	—	—	—
39,20	60,86	Sn_5Cu_6	—	—	—	—	8,182	—	—	—
37,50	62,50	—	—	—	—	—	8,101	—	—	—
34,95	65,05	$SnCu$	7,90	7,79	—	0,11	8,013	7,755	—	0,258
28,72	71,28	Sn_4Cu_3	—	—	—	—	7,948	—	—	—
27,50	72,50	—	—	—	—	—	7,915	—	—	—
24,38	75,62	Sn_5Cu_3	—	—	—	—	7,835	—	—	—
22,50	77,50	—	—	—	—	—	7,774	—	—	—
21,18	78,82	Sn_2Cu	7,59	7,58	—	0,01	7,770	7,566	—	0,214
17,50	82,50	—	—	—	—	—	7,690	—	—	—
15,19	84,81	Sn_3Cu	7,44	7,50	0,06	—	7,657	7,487	—	0,170
12,50	87,50	—	—	—	—	—	7,543	—	—	—
11,84	88,16	Sn_4Cu	7,31	7,46	0,15	—	7,552	7,443	—	0,109
9,70	90,30	Sn_5Cu	7,28	7,43	0,15	—	7,487	7,415	—	0,072
7,50	92,50	—	—	—	—	—	7,417	—	—	—
4,29	95,71	$Sn_{12}Cu$	—	—	—	—	7,360	7,346	—	0,014
2,50	97,50	—	—	—	—	—	7,342	—	—	—
1,11	98,89	$Sn_{48}Cu$	—	—	—	—	7,305	—	—	—
0,55	99,43	$Sn_{96}Cu$	—	—	—	—	7,299	—	—	—
—	100,00	Sn	7,31	—	—	—	7,293	—	—	—

Die für die nämlichen Legirungen gefundenen Zahlenwerthe zeigen in den beiden Reihen allerdings nicht ganz unerhebliche Abweichungen, wie sich aus der verschiedenen Methode der Gewichtsbestimmung unschwer erklären läßt; vergleicht man aber die erlangten Ergebnisse im Großen und Ganzen, so läßt sich eine große Uebereinstimmung nicht verkennen. Es zeigt sich in beiden Reihen, daß, wenn man zum Kupfer kleine Mengen Zinn setzt, zuerst, wie es das geringere specifische Gewicht des Zinns mit sich bringt, die Legirung specifisch leichter als das reine Kupfer ausfällt; dann aber, sobald der Zinngehalt über etwa 10 Proc. hinausgeht, tritt merkwürdigerweise ein anderes Verhältniß ein; zuerst wird die Abnahme des specifischen Gewichts mit zunehmendem Zinngehalte geringer als sie rechnungsmäßig sein müßte, d. h. die Legirungen zeigen mit wachsendem Zinngehalte eine sich steigernde Verdichtung (Zusammenziehung); von der Legirung mit 20 Proc. an nimmt diese Verdichtung derartig zu, daß das specifische Gewicht der Legirungen mit dem wachsenden Zinngehalte zu- statt abnimmt, bis es übereinstimmend in beiden Reihen in der Legirung mit 38,3 Proc. Zinn ($SnCu_3$) sein Maximum erreicht und von hier aus sich allmälig wieder dem rechnungsmäßigen specifischen Gewichte nähert; jene Verdichtung ist nach Thurston's

Fig. 1.



Reihe so beträchtlich, daß die Legirungen von 22,5 Proc. bis 38,29 Proc. Zinn specifisch schwerer sind, als das reine Kupfer, während nach Riche allerdings nur das specifische Gewicht der einen Legirung, $SnCu_3$, dasjenige des Kupfers übersteigt. Die Legirungen mit weniger als 10 Proc. Zinn zeigen nach Thurston, diejenigen mit weniger als 16 Proc. Kupfer zeigen nach Riche eine, wenn auch geringe Ausdehnung.

Deutlicher treten die Beziehungen zwischen Zusammensetzung und specifischem Gewichte der Legirungen, insbesondere auch die bei gewissem Zinngehalte eintretende starke Verdichtung mit Hülfe der in Fig. 1 gegebenen graphischen Darstellung hervor, welche einer Erläuterung nicht bedürfen wird.

Durch Ablöschen in Wasser der auf Rothgluth erhitzten Kupferzinnlegirungen mit gewissem Zinngehalte, sowie umgekehrt durch abermaliges Erhitzen und darauf folgendes langsames Abkühlen ändert sich das specifische Gewicht derselben in beachtenswerther Weise. Riche erhielt in einer Reihe hierüber angestellter Versuche folgende Ergebnisse:

Legirungen mit 20,80 Proc. Zinn.

	Specifische Gewichte									
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Gegossen . .	8,787	8,858	8,825	8,862	8,863	8,780	8,715	8,822	8,842	8,747
Abgelöscht .	8,823	8,915	8,863	8,896	8,906	—	—	—	—	—
Ausgeglüht .	8,817	8,907	8,847	8,886	8,894	8,808	8,739	8,844	8,863	8,871
Abgelöscht .	8,849	8,927	8,874	8,907	8,922	—	—	—	—	—

Legirungen mit 18 Proc. Zinn.

	Specifische Gewichte	
	I.	II.
Gegossen	8,737	8,873
Ausgeglüht	8,733	8,863
Abgelöscht	8,763	8,911
Ausgeglüht	8,753	8,889
Abgelöscht	8,775	8,926
Abgelöscht	8,786	8,927

Legirungen mit 20 Proc. Zinn.

Aus einem gegossenen Blocke von zwei Kilogramm Gewicht wurden vier Stäbe, je circa 135 g schwer, geschnitten und zu den Versuchen benutzt.

	I.	II.		III.	IV.
Abgelöscht	8,704	8,719	Ausgeglüht	8,752	8,686
Ausgeglüht	8,712	8,728	Abgelöscht	8,780	8,713
Abgelöscht	8,730	8,747	Ausgeglüht	8,777	8,714
Ausgeglüht	8,724	8,744	Abgelöscht	8,804	8,736
Abgelöscht	8,756	8,763	Ausgeglüht	8,815	8,750
Ausgeglüht	8,741	8,759	Abgelöscht	8,841	8,774
Nochmals geglüht . .	8,751	8,769	Nochmals abgelöscht .	8,850	8,787
Abgelöscht	8,775	8,792	Ausgeglüht	8,807	8,760

Es ergiebt sich übereinstimmend aus diesen Versuchen, daß das specifische Gewicht der Kupferzinnlegirungen mit 18 bis 21 Proc. Zinn durch wiederholtes Ablöschen fortschreitend gesteigert wird, während Ausglühen einen entgegengesetzten, aber weniger kräftigen Erfolg hervorbringt; d. h. die durch Ausglühen hervorgerufene Verminderung des specifischen Gewichts ist nicht im Stande, die durch Ablöschen hervorgerufene Steigerung auszugleichen, so daß bei abwechselndem Ablöschen und Ausglühen eine stetige durchschnittliche Zunahme der Dichtigkeit bemerkbar bleibt. Die Grenze, über welche hinaus eine Wiederholung des Ablöschens keine Wirkung mehr übt, scheint bislang nicht ermittelt zu sein.

Man darf mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Zunahme des specifischen Gewichts jener Legirungen beim Ablöschen, die Abnahme beim Ausglühen in naher Beziehung steht zu der durch rasche Abkühlung verringerten, durch langsame Abkühlung beförderten Saigerung.

Anders verhalten sich jedoch die zinnärmeren Legirungen, also diejenigen, bei welchen die Saigerung überhaupt weniger deutlich sich zeigt. Riche fand bei wiederholtem Ablöschen und Ausglühen folgende Zahlenwerthe der specifischen Gewichte:

Legirung mit 12 Proc. Zinn.

	Specifisches Gewicht
Abgelöscht	8,625
Ausgeglüht	8,632
Abgelöscht	8,624
Ausgeglüht	8,635
Abgelöscht	8,632

Legirung mit 10 Proc. Zinn.

	Specifische Gewichte			
	I.	II.	III.	IV.
Gegossen	8,564	8,677	8,684	8,491
Abgelöscht	8,516	8,635	8,657	8,428
Ausgeglüht	8,528	8,643	8,670	8,431
Abgelöscht	8,532	8,645	8,671	8,437
Ausgeglüht	8,536	8,648	8,674	8,434
Abgelöscht	8,529	8,648	8,673	8,436
Ausgeglüht	8,526	8,643	8,676	8,436
Abgelöscht	8,526	8,626	8,664	8,436

ferner dieselbe Legirung:

	Specifische Gewichte	
	V.	VI.
Gegossen	8,541	8,705
Ausgeglüht	8,491	8,689
Abgelöscht	8,495	8,684
Ausgeglüht	8,504	8,692
Abgelöscht	8,505	8,693
Ausgeglüht	8,479	8,651
Abgelöscht	—	8,661

Legirung mit 6 Proc. Zinn.

	I.		II.	III.
Gegossen	8,537	Gegossen	8,519	—
Abgelöscht	8,491	Ausgeglüht	8,492	8,807
Ausgeglüht	8,501	Abgelöscht	8,491	8,806
Abgelöscht	8,502	Ausgeglüht	8,496	8,802
Ausgeglüht	8,507	Abgelöscht	8,495	8,804
Abgelöscht	8,505	Ausgeglüht	8,496	8,809

Ein Blick auf diese Tabellen zeigt, daß hier durch wiederholtes Ablöschen und Ausglühen nicht, wie bei den zinnreicheren Legirungen, eine Steigerung des specifischen Gewichts zu erreichen ist, sondern eher eine Verringerung eintritt, ja daß sogar in nicht seltenen Fällen als Wirkung des einmaligen Ablöschens sich eine Dichtigkeitsabnahme, des Ausglühens eine Dichtigkeitszunahme ergiebt; und daß, je zinnärmer die Legirung ist, um so früher eine Grenze erreicht wird, wo eine fernere Behandlung der Legirung überhaupt keine Aenderung in dem specifischen Gewichte mehr hervorruft.

Durch mechanische Bearbeitung — Hämmern, Pressen, Walzen — wird das specifische Gewicht der Kupferzinnlegirungen, sofern sie überhaupt die erforderliche Dehnbarkeit für jene Bearbeitung besitzen, gesteigert. Hinsichtlich der von Riche über das Maß dieser Einwirkung sowie über die durch abwechselnde Bearbeitung, Ablöschen und Ausglühen ausgeübten Einflüsse angestellten Versuche muß auf die unter den gegebenen Literaturnachweisen aufgeführte Originalabhandlung verwiesen werden.

Kupferzinklegirungen.

Riche fand durch Untersuchungen, welche in gleicher Weise wie für die Kupferzinnlegirungen ausgeführt wurden, folgende Ergebnisse.

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
			Gefunden	Berechnet	Differenz	
Kupfer	Zink	Atomverhältniß			Ausdehnung	Zusammenziehung
100,00	—	—	8,890	—	—	—
90,65	9,35	$Zn Cu_{10}$	8,834	8,707	—	0,127
85,34	14,66	$Zn Cu_6$	8,584	8,602	0,018	—
79,51	20,49	$Zn Cu_4$	8,367	8,489	0,122	—
65,98	34,02	$Zn Cu_2$	8,390	8,345	—	0,045
59,26	40,74	$Zn_2 Cu_3$	8,329	8,119	—	0,210
49,23	50,76	$Zn Cu$	8,304	7,947	—	0,357
39,27	60,73	$Zn_3 Cu_2$	8,171	7,783	—	0,388
32,66	67,14	$Zn_2 Cu$	8,048	7,679	—	0,369
19,52	80,48	$Zn_4 Cu$	7,863	7,478	—	0,385
10,82	89,18	$Zn_8 Cu$	7,315	7,351	0,036	—
—	100,00	Zn	7,200	—	—	—

Aehnliche Ziffern als Riche erhielten Calvert und Johnson. Es zeigt sich mit wachsendem Zinkgehalte zwar eine stetige Abnahme des specifischen Gewichts, immerhin aber bei den Legirungen mit 40 bis 80 Proc. Zink eine ziemlich starke Verdichtung. Fig. 2 giebt die graphische Darstellung der sowohl von Riche als von Calvert und Johnson gefundenen Werthe. Da in der Reihe der letzteren die Angabe fehlt, welches specifische Gewicht des reinen Kupfers und

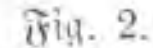


Fig. 2.

reinen Zinks für die Berechnung der durchschnittlichen specifischen Gewichte zu Grunde gelegt ist, es jedoch fast scheint, als seien die letzteren nach der oben mitgetheilten irrigen Formel berechnet, so ist von einer Wiedergabe der ganzen Tabelle abgesehen worden.

Eine fernere Reihe von Riche angestellter Versuche, ähnlich den oben für Kupferzinnlegirungen mitgetheilten, zeigt,

daß zinkreichere Kupferzinklegirungen (35 Proc. Zink) sowohl durch mechanische Bearbeitung als durch Ablöschen eine Steigerung ihres specifischen Gewichts erfahren, welche durch Ausglühen zum großen Theile, mitunter fast vollständig, wieder ausgeglichen werden kann;

daß das specifische Gewicht der zinkarmen Legirungen dagegen (9 Proc. Zink) durch die vorgenannten Arbeiten unbeeinflußt bleibt.

Kupfersilberlegirungen.

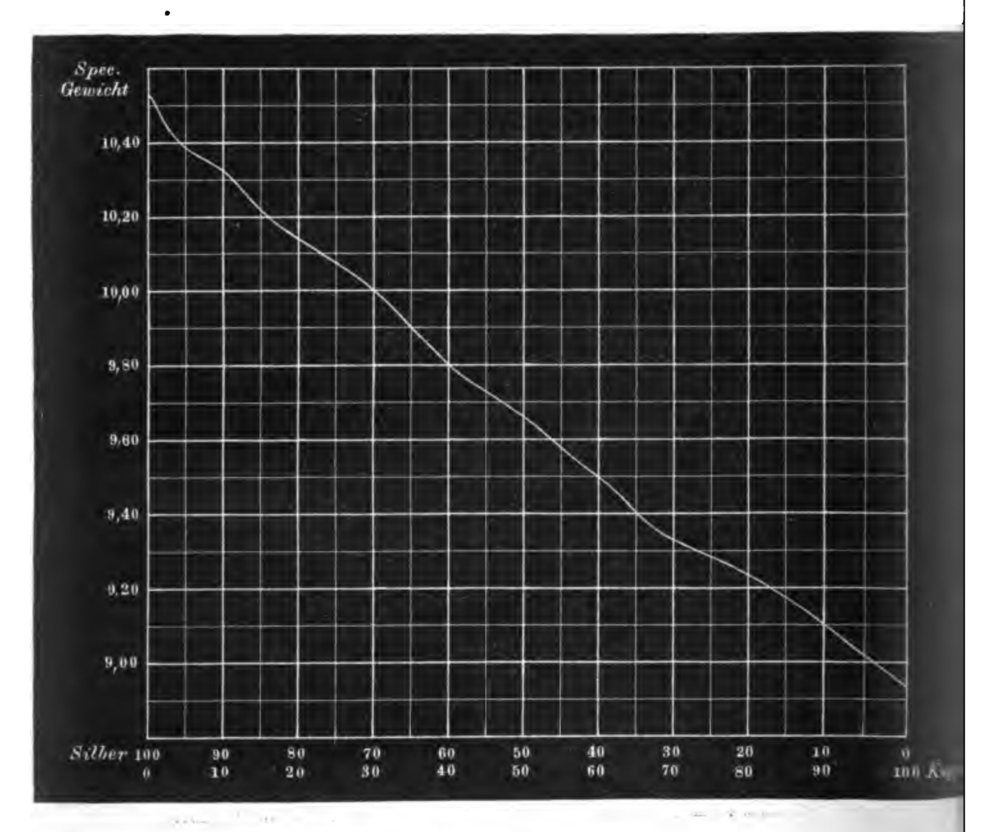
Karmarsch ermittelte die specifischen Gewichte derselben im geprägten Zustande (als Münzen), um den Einfluß der Porosität zu beseitigen, und fand die in folgender Tabelle zusammengestellten Werthe.

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen		Specifische Gewichte			
				Differenz	
[illegible]	Kupfer	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100	—	10,547	—	—	—
94,4	5,6	10,358	10,399	0,041	—
89,3	10,7	10,304	10,351	0,047	—
81,0	19,0	10,164	10,203	0,039	—
[illegible]	25,0	10,065	10,098	0,033	—
[illegible]	33,7	9,927	9,951	0,024	—
62,5	37,5	9,870	9,890	0,020	—
56,25	43,75	9,761	9,786	0,025	—
51,21	48,79	9,679	9,706	0,027	—
49,65	50,35	9,650	9,681	0,031	—
42,43	57,57	9,532	9,568	0,036	—
36,7	63,3	9,439	9,482	0,043	—
33,3	66,7	9,383	9,430	0,047	—
30,4	69,6	9,333	9,386	0,053	—
29,5	70,5	9,317	9,371	0,054	—
22,4	77,6	9,203	9,269	0,066	—
22,0	78,0	9,190	9,264	0,074	—
—	100	8,956	—	—	—

Es zeigt sich durchgehends Ausdehnung, am stärksten bei den kupferreichsten Legirungen, dann regelmäßig abnehmend bis zur Legirung mit 37,5 Proc. Kupfer, von hier aus mit dem steigenden Silbergehalte wieder wachsend. Immerhin erreicht die stärkste Ausdehnung bei weitem nicht das Maß der stärksten Zusammenziehung in Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen. Fig. 3 (a. f. S.) giebt die graphische Darstellung der specifischen Gewichte, aus welcher sofort bei

einem Vergleiche mit den in Fig. 1 und 2 gegebenen Diagrammen sich das abweichende Verhalten dieser Legirungen ergiebt.

Fig. 3.



Kupfergoldlegirungen.

Roberts bestimmte die specifischen Gewichte einiger goldreicheren Legirungen in geprägten Platten und erhielt folgende Werthe:

Zusammensetzung		Specifische Gewichte			
Gold	Kupfer	Gefunden	Berechnet	Differenz	
				Ausdehnung	Zusammenziehung
100	—	19,3203	—	—	—
98,01	1,99	18,8385	18,8355	—	0,0030
96,88	3,12	18,5805	18,5804	—	0,0001
95,83	4,17	18,3562	18,3605	0,0043	—
94,84	5,16	18,1173	18,1378	0,0205	—
93,85	6,15	17,9340	17,9301	—	0,0039
93,20	6,80	17,7911	17,7956	0,0045	—
92,28	7,72	17,5680	17,6087	0,0407	—
90,05	9,95	17,1653	17,1750	0,0097	—
88,05	11,95	18,6082	16,8047	—	0,0015
86,14	13,86	16,4832	16,4630	—	0,0202
—	100,00	8,725	—	—	—

Es findet mithin weder eine regelmäßig fortschreitende Ausdehnung noch Zusammenziehung statt. Der Unterschied in den gefundenen und berechneten Dichtigkeiten ist in den meisten Fällen außerordentlich gering; es läßt sich daher annehmen, daß wenigstens in den untersuchten Legirungen (bis 86 Proc. Gold) eine Aenderung des Volumens nicht herbeigeführt werde. Für das praktische Leben hat dieser Umstand insofern Bedeutung, als er die Möglichkeit giebt, aus dem specifischen Gewichte einer Goldmünze ohne Weiteres den Goldgehalt zu berechnen.

Silbergoldlegirungen.

Bestimmungen von A. Matthiessen ergaben:

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
Silber	Gold	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Differenz	
					Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Ag	10,468	—	—	—
76,5	23,5	Ag_6Au	11,760	11,715	—	0,045
68,7	31,3	Ag_4Au	12,257	12,215	—	0,042
52,3	47,7	Ag_2Au	13,432	13,383	—	0,049
35,4	64,6	$AgAu$	14,870	14,847	—	0,023
21,5	78,5	$AgAu_2$	16,354	16,315	—	0,039
12,0	88,0	$AgAu_4$	17,540	17,493	—	0,047
8,3	91,7	$AgAu_6$	18,041	17,998	—	0,043
—	100,0	Au	19,265	—	—	—

Es findet mithin durchgehends eine, aber nicht bedeutende, Verdichtung bei der Legirung der beiden Metalle statt.

Bleigoldlegirungen (nach Matthießen).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Blei	Gold	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100	—	Pb	11,376	—	—	—
91,3	8,7	$Pb_{10}Au$	11,841	11,794	—	0,047
84,0	16,0	Pb_5Au	12,274	12,171	—	0,103
80,8	19,2	Pb_4Au	12,445	12,346	—	0,099
76,1	23,9	Pb_3Au	12,737	12,618	—	0,119
67,7	32,3	Pb_2Au	13,306	13,103	—	0,203
51,2	48,8	$PbAu$	14,466	14,210	—	0,256
34,6	65,4	$PbAu_2$	15,603	15,546	—	0,057
20,8	79,2	$PbAu_4$	17,013	16,832	—	0,181
—	100	Au	19,265	—	—	—

also in allen Gewichtsverhältnissen Zusammenziehung, und zwar bedeutendere als bei den Silbergoldlegirungen.

Silberbleilegirungen (nach Matthießen).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Silber	Blei	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Ag	10,468	—	—	—
67,6	32,4	Ag_4Pb	10,800	10,746	—	0,054
51,0	49,0	Ag_2Pb	10,925	10,894	—	0,031
34,2	65,8	$AgPb$	11,054	11,048	—	0,006
20,6	79,4	$AgPb_2$	11,144	11,175	0,031	—
11,5	88,5	$AgPb_4$	11,196	11,263	0,067	—
4,5	95,5	$AgPb_{10}$	11,285	11,327	0,042	—
2,0	98,0	$AgPb_{25}$	11,334	11,355	0,021	—
—	100	Pb	11,376	—	—	—

Hier zeigt sich ein ziemlich regelmäßiger Verlauf. Die bleireichsten Legirungen besitzen ein geringeres specifisches Gewicht als berechnet, und die Differenz steigt mit dem Silbergehalte, bis derselbe 11,5 Proc. beträgt. Hier tritt ein Wendepunkt ein. Die Differenz verringert sich, wenn der Silbergehalt fernerhin zunimmt, und bei 34 Proc. Silber tritt Verdichtung an Stelle der Ausdehnung, deren Maß nun ebenfalls mit dem Silbergehalte wächst.

Antimonzinnlegirungen
(nach Long).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
Antimon	Zinn	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Differenz	
					Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Sb	6,713	—	—	—
92,6	7,4	$Sb_{12}Sn$	6,739	6,752	0,013	—
89,2	10,8	Sb_8Sn	6,747	6,770	0,023	—
88,1	11,9	Sb_4Sn	6,781	6,817	0,036	—
67,7	32,3	Sb_2Sn	6,844	6,889	0,045	—
51,4	48,6	$SbSn$	6,929	6,984	0,055	—
34,5	65,5	$SbSn_2$	7,023	7,082	0,059	—
26,0	74,0	$SbSn_3$	7,100	7,133	0,033	—
17,4	82,6	$SbSn_5$	7,140	7,186	0,046	—
9,5	90,5	$SbSn_{10}$	7,208	7,234	0,026	—
5,0	95	$SbSn_{20}$	7,276	7,262	—	0,014
2,1	97,9	$SbSn_{50}$	7,279	7,281	0,002	—
1,0	99,0	$SbSn_{100}$	7,284	7,287	0,003	—
—	100,0	Sn	7,294	—	—	—

Es findet fast durchgehends Ausdehnung statt, welche, von den beiden Enden der Reihe an zunehmend, ihr höchstes Maß in denjenigen Legirungen erreicht, welche 50 bis 65 Proc. Zinn enthalten. Wo von dem regelmäßigen Verlaufe der Reihe sich Abweichungen zeigen, dürften dieselben mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Zufälligkeiten bei Herstellung der Legirungen zurückzuführen sein.

Also fast durchgehends Zusammenziehung, welche ihr größtes Maß in der Legirung mit 78 Proc. Wismuth erreicht und von dort an mit zunehmendem Wismuth- wie zunehmendem Zinngehalte sich verringert. Ganz ähnliche Resultate erhielt Riche; und zwar fand derselbe das Maximum der Zusammenziehung in der Legirung Sn_2Bi_5.

Zinnsilberlegirungen
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Zinn	Silber	Atom-verhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammen-ziehung
100,0	—	Sn	7,294	—	—	—
95,1	4,9	$Sn_{18}Ag$	7,421	7,404	—	0,017
90,6	9,4	Sn_9Ag	7,551	7,507	—	0,044
86,5	13,5	Sn_6Ag	7,666	7,603	—	0,063
76,3	23,7	Sn_3Ag	7,963	7,858	—	0,105
68,2	31,8	Sn_2Ag	8,223	8,071	—	0,152
52,2	47,8	$SnAg$	8,828	8,543	—	0,205
34,9	65,1	$SnAg_2$	9,507	9,086	—	0,421
21,1	78,9	$SnAg_4$	9,953	9,585	—	0,368
—	100	Ag	10,468	—	—	—

In allen Legirungen Verdichtung in ziemlich bedeutendem Grade, welche im Allgemeinen mit dem Silbergehalte steigt und bei 65 Proc. Silber ihr Maximum erreicht.

Zinnbleilegirungen
(nach Long).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Zinn	Blei	Atom-verhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammen-ziehung
100,0	—	Sn	7,294	—	—	—
77,0	23,0	Sn_6Pb	7,927	7,948	0,021	—
69,0	31,0	Sn_4Pb	8,188	8,203	0,015	—
52,7	47,3	Sn_2Pb	8,779	8,781	0,002	—
35,8	64,2	$SnPb$	9,460	9,474	0,014	—
21,8	78,2	$SnPb_2$	10,080	10,136	0,056	—
12,2	87,8	$SnPb_4$	10,590	10,645	0,055	—
8,5	91,5	$SnPb_6$	10,815	10,857	0,042	—
—	100,0	Pb	11,376	—	—	—

Sämmtliche untersuchte Zinnbleilegirungen zeigen Ausdehnung, deren Maximum bei etwa 80 Proc. Bleigehalt liegt. Ein gleiches Resultat erhielt Pillichody, nur fand derselbe weit beträchtlichere Ausdehnung (als Minimum 0,29 in der Legirung $SnPb_4$, als Maximum 0,47 in der Legirung $SnPb$); auch Kupffer, Thomson sowie Calvert und Johnson fanden durchweg Ausdehnung.

Zinngoldlegirungen
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Zinn	Gold	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Sn	7,294	—	—	—
96,6	3,4	$Sn_{50}Au$	7,441	7,446	0,005	—
90,7	9,3	$Sn_{15}Au$	7,801	7,786	—	0,015
84,2	15,8	Sn_9Au	8,118	8,092	—	0,026
77,9	22,1	Sn_6Au	8,470	8,452	—	0,018
70,3	29,7	Sn_4Au	8,931	8,951	0,020	—
63,8	36,2	Sn_3Au	9,405	9,407	0,002	—
59,5	40,5	Sn_5Au_2	9,715	9,743	0,028	—
54,0	46,0	Sn_2Au	10,168	10,206	0,038	—
47,0	53,0	Sn_3Au_2	10,794	10,885	0,091	—
37,0	63,0	$SnAu$	11,833	11,978	0,145	—
22,7	77,3	$SnAu_2$	14,243	14,028	—	0,216
12,8	87,2	$SnAu_4$	16,367	15,913	—	0,454
—	100,0	Au	19,265	—	—	—

Die Reihe zeigt einen eigenthümlichen Verlauf: in den goldreichsten Legirungen starke Zusammenziehung, in denjenigen mit mittlerem Goldgehalte Ausdehnung, in den goldärmsten wieder schwache Verdichtung. Es verdient jedoch bemerkt zu werden, daß bei dem großen Unterschiede der specifischen Gewichte der legirten Einzelmetalle jede kleine Differenz in den wirklichen und den der Berechnung zu Grunde gelegten specifischen Gewichten fühlbarer wird, als bei annähernd gleichen specifischen Gewichten und somit die Annahme kleiner Irrthümer — besonders hinsichtlich der zuletzt erwähnten Verdichtung — wohl nicht ganz ausgeschlossen werden darf.

Cadmiumwismuthlegirungen
(nach Matthiessen).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Cadmium	Wismuth	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Cd	8,655	—	—	—
61,7	38,3	Cd_3Bi	9,079	9,067	—	0,012
51,8	48,2	Cd_2Bi	9,195	9,181	—	0,014
35,0	65,0	$CdBi$	9,388	9,380	—	0,008
21,2	78,8	$CdBi_2$	9,554	9,550	—	0,004
11,8	88,2	$CdBi_4$	9,669	9,668	—	0,001
6,3	93,7	$CdBi_8$	9,737	9,740	0,003	—
4,3	95,7	$CdBi_{12}$	9,766	9,766	—	—
—	100,0	Bi	9,823	—	—	—

Es zeigt sich eine zwar nicht bedeutende, aber nach der Mitte der Reihe hin deutlich zunehmende Zusammenziehung, bis die Menge beider Metalle annähernd gleich ist.

Cadmiumbleilegirungen
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Cadmium	Blei	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Cd	8,655	—	—	—
77,2	22,8	Cd_6Pb	9,160	9,173	0,013	—
68,2	31,8	Cd_4Pb	9,353	9,364	0,011	—
51,8	48,2	Cd_2Pb	9,755	9,780	0,025	—
35,0	65,0	$CdPb$	10,246	10,246	—	—
21,2	78,8	$CdPb_2$	10,656	10,663	0,007	—
11,8	88,2	$CdPb_4$	10,950	10,966	0,016	—
8,3	91,7	$CdPb_6$	11,044	11,088	0,044	—
—	100,0	Pb	11,376	—	—	—

Die Reihe verläuft undeutlich, läßt aber auf Ausdehnung, welche im Allgemeinen mit dem Bleigehalte zunimmt, schließen.

Wismuthsilberlegirungen (nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Wismuth	Silber	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Bi	9,823	—	—	—
99,0	1,0	$Bi_{50}Ag$	9,813	9,829	0,016	—
97,8	2,2	$Bi_{24}Ag$	9,820	9,836	0,016	—
96,0	4,0	$Bi_{12}Ag$	9,836	9,848	0,012	—
92,0	8,0	Bi_6Ag	9,859	9,871	0,012	—
88,5	11,5	Bi_4Ag	9,899	9,893	—	0,006
79,4	20,6	Bi_2Ag	9,966	9,949	—	0,017
65,8	34,2	BiAg	10,068	10,034	—	0,034
49,0	51,0	$BiAg_2$	10,197	10,141	—	0,056
32,5	67,5	$BiAg_4$	10,323	10,249	—	0,074
—	100,0	Ag	10,468	—	—	—

In den wismuthreichsten Sorten schwache Ausdehnung, mit steigendem Silbergehalte Zusammenziehung.

Wismuthbleilegirungen (nach Carty).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Wismuth	Blei	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Bi	9,823	—	—	—
95,2	4,8	$Bi_{20}Pb$	9,893	9,887	—	0,006
93,5	6,5	$Bi_{16}Pb$	9,934	9,902	—	0,032
88,8	11,2	Bi_8Pb	10,048	9,974	—	0,074
80,0	20,0	Bi_4Pb	10,235	10,098	—	0,137
66,6	33,4	Bi_2Pb	10,538	10,290	—	0,248
50,0	50,0	BiPb	10,956	10,541	—	0,415
33,4	66,6	$BiPb_2$	11,141	10,805	—	0,336
25,0	75,0	$BiPb_3$	11,161	10,942	—	0,219
20,0	80,0	$BiPb_4$	11,188	11,026	—	0,162
16,7	83,3	$BiPb_5$	11,196	11,083	—	0,113
7,7	92,3	$BiPb_{12}$	11,280	11,238	—	0,042
—	100,0	Bi	11,376	—	—	—

Von beiden Enden der Reihe in regelmäßiger Zunahme zeigt sich Zusammenziehung, welche in der Legirung mit 50 Theilen Wismuth und 50 Theilen Blei ihr Maximum erreicht. Ganz ähnliche Resultate erhielt auch Riche. Die Zusammenziehung ist beträchtlich und übertrifft diejenigen fast aller anderen Legirungen.

Wismuthgoldlegirungen
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Wismuth	Gold	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Bi	9,823	—	—	—
97,6	2,4	$Bi_{40}Au$	9,942	9,935	—	0,007
95,4	4,6	$Bi_{20}Au$	10,076	10,046	—	0,030
89,4	10,6	Bi_8Au	10,452	10,360	—	0,092
80,8	19,2	Bi_4Au	11,025	10,840	—	0,185
67,8	32,2	Bi_2Au	12,067	11,659	—	0,408
51,3	48,7	BiAu	13,403	12,898	—	0,505
34,5	65,5	$BiAu_2$	14,844	14,462	—	0,382
—	100,0	Au	19,265	—	—	—

Von den goldarmen Legirungen an zeigt sich mit zunehmendem Goldgehalte zunächst starke Verdichtung, welche bei circa 50 Proc. Gold ihr Maximum erreicht und von hier aus mit weiterer Zunahme des Goldes allmälig abnimmt.

Zinnquecksilberlegirungen (Zinnamalgame)
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Zinn	Quecksilber	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Sn	7,294	—	—	—
53,7	46,3	Sn_2Hg	9,362	9,282	—	0,080
36,7	63,3	SnHg	10,369	10,313	—	0,056
22,5	77,5	$SnHg_2$	11,456	11,373	—	0,083
—	100,0	Hg	13,573	—	—	—

Merkliche und annähernd gleiche Verdichtung. Zu demselben Resultate gelangten Calvert und Johnson.

Bleiquecksilberlegirungen (Bleiamalgame) (nach Matthiessen).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Blei	Quecksilber	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Pb	11,376	—	—	—
67,4	32,6	Pb_2Hg	11,979	12,008	0,029	—
50,8	49,2	PbHg	12,484	12,358	—	0,126
34,1	65,9	$PbHg_2$	12,815	12,734	—	0,081
—	100,0	Hg	13,573	—	—	—

Schlußfolgerungen.

Sämmtliche untersuchte Legirungen lassen sich in drei Gruppen sondern [1]:

1. Gruppe.	2. Gruppe.	3. Gruppe.
Legirungen, welche deutliche Verdichtung (Zusammenziehung) zeigen:	Legirungen, welche deutliche Ausdehnung zeigen:	Legirungen, welche weder deutliche Verdichtung noch Ausdehnung zeigen:
Kupferzinn. Kupferzink mit 35 bis 80 Proc. Zink. Silbergold (schwache Verdichtung). Bleigold. Bleisilber mit mehr als 30 Proc. Silber. Zinnwismuth. Zinnsilber. Zinngold mit mehr als 75 Proc. Gold. Cadmiumwismuth mit mehr als 10 Proc. Cadmium (schwache Verdichtung). Wismuthsilber mit mehr als 10 Proc. Silber. Wismuthblei. Wismuthgold. Zinnquecksilber. Bleiquecksilber mit mehr als 40 Proc. Quecksilber.	Kupfersilber. Bleisilber mit mehr als 70 Proc. Blei. Antimonzinn. Antimonblei. Zinncadmium mit mehr als 75 Proc. Zinn. Zinnblei. Zinngold mit mehr als 25 Proc. Zinn. Cadmiumblei.	Kupfergold. Antimonwismuth. Zinncadmium mit weniger als 75 Proc. Zinn.

[1]) Vergl. auch Bd. 7, S. 34.

Von beiden Enden der Reihe in regelmäßiger Zunahme zeigt sich Zusammenziehung, welche in der Legirung mit 50 Theilen Wismuth und 50 Theilen Blei ihr Maximum erreicht. Ganz ähnliche Resultate erhielt auch Riche. Die Zusammenziehung ist beträchtlich und übertrifft diejenigen fast aller anderen Legirungen.

Wismuthgoldlegirungen
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Wismuth	Gold	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Bi	9,823	—	—	—
97,6	2,4	$Bi_{40}Au$	9,942	9,935	—	0,007
95,4	4,6	$Bi_{20}Au$	10,076	10,046	—	0,030
89,4	10,6	Bi_8Au	10,452	10,360	—	0,092
80,8	19,2	Bi_4Au	11,025	10,840	—	0,185
67,8	32,2	Bi_2Au	12,067	11,659	—	0,408
51,3	48,7	BiAu	13,403	12,898	—	0,505
34,5	65,5	$BiAu_2$	14,844	14,462	—	0,382
—	100,0	Au	19,265	—	—	—

Von den goldarmen Legirungen an zeigt sich mit zunehmendem Goldgehalte zunächst starke Verdichtung, welche bei circa 50 Proc. Gold ihr Maximum erreicht und von hier aus mit weiterer Zunahme des Goldes allmälig abnimmt.

Zinnquecksilberlegirungen (Zinnamalgame)
(nach Holzmann).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Zinn	Quecksilber	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Sn	7,294	—	—	—
53,7	46,3	Sn_2Hg	9,362	9,282	—	0,080
36,7	63,3	SnHg	10,369	10,313	—	0,056
22,5	77,5	$SnHg_2$	11,456	11,373	—	0,083
—	100,0	Hg	13,573	—	—	—

Merkliche und annähernd gleiche Verdichtung. Zu demselben Resultate gelangten Calvert und Johnson.

Bleiquecksilberlegirungen (Bleiamalgame) (nach Matthiessen).

Zusammensetzung der untersuchten Legirungen			Specifische Gewichte			
					Differenz	
Blei	Quecksilber	Atomverhältniß	Gefunden	Berechnet	Ausdehnung	Zusammenziehung
100,0	—	Pb	11,376	—	—	—
67,4	32,6	Pb_2Hg	11,979	12,008	0,029	—
50,8	49,2	PbHg	12,484	12,358	—	0,126
34,1	65,9	$PbHg_2$	12,815	12,734	—	0,081
—	100,0	Hg	13,573	—	—	—

Schlußfolgerungen.

Sämmtliche untersuchte Legirungen lassen sich in drei Gruppen sondern[1]:

1. Gruppe.	2. Gruppe.	3. Gruppe.
Legirungen, welche deutliche Verdichtung (Zusammenziehung) zeigen:	Legirungen, welche deutliche Ausdehnung zeigen:	Legirungen, welche weder deutliche Verdichtung noch Ausdehnung zeigen:
Kupferzinn. Kupferzink mit 35 bis 80 Proc. Zink. Silbergold (schwache Verdichtung). Bleigold. Bleisilber mit mehr als 30 Proc. Silber. Zinnwismuth. Zinnsilber. Zinngold mit mehr als 75 Proc. Gold. Cadmiumwismuth mit mehr als 10 Proc. Cadmium (schwache Verdichtung). Wismuthsilber mit mehr als 10 Proc. Silber. Wismuthblei. Wismuthgold. Zinnquecksilber. Bleiquecksilber mit mehr als 40 Proc. Quecksilber.	Kupfersilber. Bleisilber mit mehr als 70 Proc. Blei. Antimonzinn. Antimonblei. Zinncadmium mit mehr als 75 Proc. Zinn. Zinnblei. Zinngold mit mehr als 25 Proc. Zinn. Cadmiumblei.	Kupfergold. Antimonwismuth. Zinncadmium mit weniger als 75 Proc. Zinn.

[1] Vergl. auch Bd. 7, S. 34.

Eine bestimmte Regelmäßigkeit für das Verhalten der Metalle läßt sich nicht erkennen. Während einige Metalle, z. B. Wismuth, Gold, Zinn, vorzugsweise eine Verdichtung, andere, wie z. B. Blei und Antimon, eine Ausdehnung hervorzurufen scheinen, treten noch andere, wie z. B. Kupfer, Zinn, Cadmium, regellos in allen Gruppen auf. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß gewisse chemische Vorgänge oder Einflüsse der einzelnen Metalle auf einander hierbei eine Rolle spielen. Wenn z. B. ein Einzelmetall fähig ist, seine eigenen Oxyde zu lösen (Kupfer löst Kupferoxydul u. a. m.) und dadurch sein specifisches Gewicht zu verringern, und man legirt es mit einem anderen Metalle, welches reducirend auf das gelöste Oxyd wirkt, ohne daß das neu entstehende Oxydationsproduct gelöst wird (Zink und Kupfer), so wird offenbar Verdichtung eintreten; besitzt umgekehrt ein Metall, wie z. B. Silber, die Fähigkeit, im flüssigen Zustande Sauerstoff zu lösen, welcher beim Erstarren aus dem reinen Metalle entweicht, und man legirt dasselbe mit einem Metalle, welches durch den gelösten Sauerstoff oxydirt und dessen Oxydationsproduct vom Metallbade gelöst wird (Kupfer), so wird offenbar in Folge dieser Auflösung von Oxyden das specifische Gewicht sich verringern und Ausdehnung nachgewiesen werden.

Aus solchen oder ähnlichen Vorgängen dürften sich auch manche scheinbare Widersprüche oder Unregelmäßigkeiten in den aufgeführten Reihen der specifischen Gewichte ableiten lassen.

c. Krystallisation.

Schon in Früherem wurde erwähnt, daß verschiedene Legirungen eine ausgeprägte Neigung besitzen, zu krystallisiren, ohne daß aber dadurch — wie man mitunter annimmt — ein Beweis für das Vorhandensein chemischer Verbindungen der Metalle unter einander gegeben ist.

Besteht die Legirung aus Metallen, welche in dem gleichen Systeme krystallisiren, so pflegen auch die Krystalle der Legirung diesem Systeme anzugehören; im anderen Falle krystallisirt die Legirung gewöhnlich in einem der Systeme der Einzelmetalle.

Die **Kupferzinnlegirungen** pflegen im sechsgliedrigen Systeme zu krystallisiren. In einer Legirung aus 19 Thln. Kupfer mit 81 Thln. Zinn fand Rammelsberg regulär-sechsseitige Prismen. Aus kupferreicheren Legirungen (Bronzen) kann man nach Künzel Krystalle von mehreren Centimetern Länge erhalten, wenn man auf dem flüssigen, nicht allzu beträchtlich über den Schmelzpunkt erhitzten Metallbade eine Eisenplatte schwimmen läßt; die Krystalle setzen sich, ihre Hauptachse rechtwinklig gegen die abkühlende Fläche der Platte gerichtet, an diese an und lassen sich mit derselben aus dem noch flüssigen Metalle herausheben.

Kupferzinklegirungen krystallisiren fast sämmtlich in Octaedern des regulären Systems, und in Hohlräumen gegossener Metallblöcke findet man nicht selten octaedrische Bildungen von beträchtlicher Größe, deren Zusammensetzung keineswegs immer eine nach Atomverhältnissen zusammengesetzte chemische Ver-

bindung erkennen läßt. Eine eigenthümliche langfaserige Textur dagegen zeigt die Legirung, welche der chemischen Formel ZnCu (50,7 Theile Zink, 49,3 Theile Kupfer) entspricht; und sie krystallisirt nach Calvert und Johnson in Prismen von oft 3 cm Länge.

Antimonzinklegirungen in allen Verhältnissen von 20 bis 70 Proc. Zink liefern schön ausgebildete Krystalle des rhombischen Systems; die zinkreicheren gewöhnlich Prismen, die zinkärmeren Octaeder. Cooke glaubte, irre geführt durch die vollendete Ausbildung der Krystalle, bestimmte chemische Verbindungen der beiden Metalle zu entdecken, die er Stibiotrizincyl ($SbZn_3$) und Stibiobizincyl ($SbZn_2$) nannte, überzeugte sich aber später, daß die gleichen Krystallformen auch in allen anderen Antimonzinklegirungen, deren Zusammensetzung zwischen den erwähnten Grenzen sich bewegt, auftreten, ohne daß eine Vereinigung nach Atomgewichten dazu nothwendig ist.

Goldsilber-, Bleisilber- und **Silberquecksilberlegirungen** krystallisiren im regulären Systeme.

Goldzinnlegirungen mit einem Goldgehalte zwischen 27 bis 43 Proc. Gold, übrigens in allen möglichen Gewichtsverhältnissen, krystallisiren sämmtlich viergliedrig.

Eisenzinnlegirungen krystallisiren viergliedrig. Eine derartige Legirung, etwa 80,5 Proc. Zinn und 19,5 Proc. Eisen enthaltend, hinterbleibt nach Rammelsberg in viergliedrigen Prismen, wenn man Bankazinn in Salzsäure löst.

Eisenmanganlegirungen, welche außerdem 5 bis 7 Proc. Kohle zu enthalten pflegen, krystallisiren in oft schön ausgebildeten rhombischen Prismen. Die größten und vollkommensten Krystalle finden sich in den Legirungen mit 30 bis 60 Proc. Mangan; doch zeigen auch die manganreicheren noch deutliche Krystallbildungen, während in den Legirungen mit weniger als 25 Proc. Mangan (Spiegeleisen; vergl. Bd. 7, S. 283) selbstständige Krystalle seltener und kleiner werden.

Für die Praxis besitzt die Krystallisation der Legirungen nur insofern Bedeutung, als mit der Ausbildung der Krystalle gewöhnlich eine Verschlechterung der Eigenschaften — Abnahme der Festigkeit, Dehnbarkeit u. a. — Hand in Hand geht; und als die Krystallisation zu der Saigerung in naher Beziehung zu stehen pflegt. Je langsamer aber gegossenes Metall abgekühlt wurde, desto reichere Gelegenheit ist demselben gegeben, seinem Bestreben zu krystallisiren (beziehentlich zu saigern), Folge zu leisten; und im Allgemeinen wenigstens ist es deshalb Regel, durch rasche Abkühlung gegossener Legirungen die Krystallisation zu erschweren.

d. Festigkeit.

Auf die Festigkeit der Metalle übt die Legirung mit anderen Metallen bemerkenswerthe Einflüsse. Es zeigt sich auch hier, daß die Festigkeit einer Legirung keineswegs immer dem arithmetischen Mittel aus den Festigkeiten der legirten Metalle entspricht, sondern daß sie in einzelnen Fällen geringer, in anderen

beträchtlicher ist, ja, daß sehr viele Legirungen sogar eine höhere Festigkeit zeigen als jedes einzelne der in ihnen enthaltenen Metalle. Leider sind die bislang angestellten Untersuchungen über die Festigkeit der einzelnen Legirungen nicht umfassend genug, um ein vollständig deutliches Bild über das Verhalten der verschiedenen, zu Legirungen benutzten, Metalle zu erhalten. Am häufigsten und sorgfältigsten pflegten Kupferzinnlegirungen auf ihre Festigkeit geprüft zu werden in Rücksicht auf die Wichtigkeit, welche diese Legirungen für den Geschützguß besitzen.

Kupferzinnlegirungen.

Aus einer großen Reihe von Versuchen, welche auf Veranlassung der Regierung der Vereinigten Staaten Nordamerikas über die Eigenschaften, insbesondere über die Festigkeit gegossener Kupferzinnlegirungen angestellt, und deren Ergebnisse durch Professor Thurston veröffentlicht wurden, ergaben sich die in nebenstehender Tabelle auszugsweise enthaltenen Durchschnittswerthe.

Es ergiebt sich aus diesen Ziffern, daß die Festigkeit des Kupfers durch Zusatz des an und für sich wenig festen Zinns in erheblichem Maße gesteigert werden kann, und daß diese Steigerung hinsichtlich der relativen und absoluten Festigkeit bei einem Zinngehalte von etwa 17,5 Proc. ihr Maximum erreicht, während bei fernerer Anreicherung des Zinngehaltes eine rasche Abnahme der Festigkeit eintritt und die letztere sich derjenigen des reinen Zinns allmälig, wenn auch nicht vollständig gleichmäßig, nähert. Die rückwirkende Festigkeit dagegen erreicht ihr höchstes Maß erst bei etwa 30 Proc. Zinn. Mit dem Zinngehalte aber wächst auch in allen Fällen die Sprödigkeit der Legirung („Sprödigkeit“ als Gegensatz zur „Zähigkeit“, letztere gemessen durch die vor dem Zerreißen eintretende Veränderung der ursprünglichen Abmessung. Vergl. im zweiten Abschnitte: II. 1. a. Dehnbarkeit und Zähigkeit); und erst wenn der Zinngehalt erheblich über 50 Proc. hinausgeht, zeigt sich auch in dieser Beziehung eine allmälige Annäherung an die Eigenschaften des reinen Zinns. Da aber, wenn der Zinngehalt über 20 Proc. steigt, die Festigkeit rasch ab-, die Sprödigkeit in noch beträchtlicherem Maße zunimmt, so folgt hieraus, daß diese zinnreicheren Legirungen in allen Fällen, wo es auf große Haltbarkeit ankommt, ziemlich werthlos sind.

Ganz ähnliche Verhältnißzahlen als für die relative und absolute Festigkeit erhält man für die Torsionsfestigkeit der Kupferzinnlegirungen; auch hier liegt das Maximum bei etwa 17,5 Proc. Zinngehalt und die Festigkeit nimmt rasch ab, wenn der Zinngehalt über diese Grenze hinaussteigt.

Durch Zusatz geringer Mengen Phosphors (als Phosphorkupfer oder Phosphorzinn mit der Legirung vermischt) zu den kupferreicheren Kupferzinnlegirungen läßt sich, indem durch den Phosphor Metalloxyde reducirt werden, die im Metalle gelöst waren, die Festigkeit jener Legirungen in merkbarer Weise steigern, die Sprödigkeit verringern. Künzel fand durchschnittlich in 10 Legirungen mit 9 bis 10 Proc. Zinn, 0,2 bis 0,7 Proc. Phosphor, einen Modul der absoluten

Festigkeit gleich 2350 kg per Quadratcentimeter, Verhältniß der Elasticitätsgrenze zum Bruchmodul 0,535; Verhältniß der totalen Verlängerung zur ursprünglichen Länge 0,03 (vergl. Phosphorbronze).

Festigkeit der Kupferzinnlegirungen in Kilogrammen per Quadratcentimeter.

Zusammensetzung		Relative Festigkeit			Absolute Festigkeit			Rückwirkende Festigkeit	
Kupfer	Zinn	Bruchmodul	Verhältniß der Elasticitätsgrenze zum Bruchmodul	Totale Einbiegung der 25 mm im Quadrate starken Probestäbe bei 56 cm freier Auflage	Zerreißungsmodul	Verhältniß der Elasticitätsgrenze zum Bruchmodul	Verhältniß der totalen Verlängerung zur ursprünglichen Länge	Bruchmodul	Verhältniß der größten Zusammendrückung zur ursprünglichen Länge
100,0	—	2100	0,140	über 200	1950	0,518	0,0647	2950	0,321
96,3	3,4	2330	0,350	190	2240	0,500	0,1429	2950	0,302
90,0	10,0	3460	0,400	185	1900	0,586	0,0366	2660	0,335
87,5	12,5	4250	0,353	100	2200	0,675	0,0356	—	—
82,5	17,5	4750	0,565	16	2550	—	0,0071	—	—
80	20	3800	0,657	12	2200	—	0,0040	5300	0,203
76,3	23,7	2250	1,000	5	1550	1,000	—	8000	0,090
70,0	30,0	850	1,000	1,5	390	1,000	—	10300	0,035
67,5	32,5	670	1,000	1,2	180	1,000	—	—	—
65,0	35,0	340	1,000	0,5	150	1,000	—	5900	0,028
61,7	38,3	200	1,000	0,7	50	1,000	—	2800	0,0175
52,5	47,5	140	1,000	0,2	—	—	—	—	—
48,0	52,0	250	1,000	0,5	110	1,000	—	6000	0,0215
41,7	58,3	500	1,000	1,0	280	1,000	—	2800	0,0205
32,5	67,5	500	0,476	2,7	170	—	—	—	—
22,5	77,50	960	0,300	10,0	350	—	0,0022	—	—
9,7	90,3	380	0,250	über 200	450	0,543	0,0687	—	—
4,3	95,7	450	0,190	über 200	340	0,575	0,1232	—	—
—	100,0	260	0,273	über 200	250	0,470	0,3551	450	0,4445

Kupferzinklegirungen.

Kleine Mengen Zink erhöhen ebenfalls die Festigkeit des Kupfers, obschon der Einfluß des Zinks, soweit die bis jetzt angestellten Versuche reichen, in weniger ausgeprägter Form als derjenige des Zinns sich zeigt. Mallet fand nachstehende Werthe für die Zerreißungsfestigkeit der Kupferzinklegirungen.

Legirungen	Festigkeit
Legirungen mit 90 Thln. Kupfer und 10 Thln. Zink bis $88^{1}/_{2}$ „ „ „ $11^{1}/_{2}$ „ „	durchschnittlich 1850 kg per qcm
Legirungen mit 87,3 Thln. Kupfer und 12,7 Thln. Zink bis 74,5 „ „ „ 25,5 „ „	„ 2000 „ „ „
Legirungen mit 66 Thln. Kupfer und 34 Thln. Zink bis 34 „ „ „ 66 „ „	„ 1600 „ „ „
Legirung mit 31,5 Thln. Kupfer und 68,5 Thln. Zink	„ 320 „ „ „
Sämmtliche zinkreicheren Legirungen mit einem Zinkgehalte bis 83,6 Proc.	„ 340 „ „ „[1].

Die Zerreißungsfestigkeit des benutzten reinen Kupfers fand Mallet gleich 3700 kg, diejenige des Zinks gleich 2300 kg per Quadratcentimeter, Ziffern, die sich nur durch die Annahme erklären lassen, daß diese Metalle im verarbeiteten Zustande (geschmiedet oder gezogen), die Legirungen dagegen in Form von gegossenen Stäben geprüft worden seien. Trotz der Unvollständigkeit der mitgetheilten Ergebnisse läßt sich doch mit Sicherheit der Schluß ziehen, daß, sobald der Zinkgehalt über etwa 60 Proc. hinausgeht, die Legirung so rasch an Festigkeit einbüßt, um für die meisten Zwecke unbenutzbar zu werden. Eine kleine Menge Zinn zu den Kupferzinklegirungen gesetzt scheint die Festigkeitseigenschaften derselben in beträchtlichem Maße zu steigern. Thurston nennt eine Legirung aus 55 Thln. Kupfer, 43 Thln. Zink, 2 Thln. Zinn „die festeste der Bronzen“ und fand bei der Prüfung auf Torsionsfestigkeit den Zerreißungsmodul derselben gleich 4570 kg per Quadratcentimeter.

---

[1]) In der Abhandlung von Mallet ist außerdem eine Festigkeit von 19,3 Tonnen per Quadratzoll, also 2900 kg per Quadratcentimeter für eine Legirung angegeben, welche 32,85 Proc. Kupfer enthält. Man darf wohl, allen sonstigen Beobachtungen entsprechend, annehmen, daß diese Angabe auf einem Druckfehler beruht und statt 19,3 Tonnen 9,3 Tonnen (1400 kg per Quadratcentimeter) zu setzen ist.

Zerreißungsfestigkeit von Kupfernickel- und Kupfernickelzinnlegirungen.

(Nach Künzel.)

Für die Versuche wurden gegossene Barren benutzt.

Zusammensetzung			Zerreißungsmodul	Elasticitätsgrenze	Letzte bleibende Verlängerung in Procenten
Kupfer	Nickel	Zinn	Kilogramm per Quadratcentimeter		
95	5	—	1682	unter 500	14,7
90	10	—	1830	520	15,6
90	5	5	1972	1118	7,2
85	10	5	2665	1334	9,7
75	20	5	2220	1440	3,8
85	5	10	1621	1263	1,0
80	10	10	2032	1568	1,1

Auch hier zeigt sich eine Zunahme der Festigkeit durch Zusatz von Nickel, die jedoch bei etwa 10 Proc. Nickel ihr Maximum zu erreichen scheint. Eine kleine Menge Zinn (bis 5 Proc.) neben dem Nickel mit dem Kupfer legirt, erhöht die Festigkeit desselben beträchtlich (vergl. Legirung aus 85 Kupfer, 10 Nickel, 5 Zinn); geht aber der Zinngehalt über diese Grenze hinaus, so nimmt die Festigkeit wieder ab (vergl. die beiden letzten Legirungen). Bis zu einem Nickelgehalte von 10 Proc. wird die Sprödigkeit nicht merklich erhöht; eine Legirung mit 10 Proc. Nickel ist erheblich weniger spröde, als eine Legirung mit 10 Proc. Zinn (vergl. die oben mitgetheilte Tabelle der Kupferzinnlegirungen); wohl aber steigert sich die Sprödigkeit sofort, wenn neben dem Nickel Zinn in die Legirung tritt.

Zerreißungsfestigkeit verschiedener Legirungen des Kupfers mit Mangan, Zinn, Eisen, Zink.

(Nach Künzel.)

Zusammensetzung					Zerreißungsmodul	Elasticitätsgrenze	Letzte bleibende Verlängerung in Procenten
Kupfer	Zinn	Mangan	Eisen	Zink	Kilogramm per Quadratcentimeter		
95	—	5	—	—	1372	731	6,8
90	—	10	—	—	1868	1082	8,3
90	5	5	—	—	1360	1033	1,8
85	10	5	—	—	1995	1402	1,7
80	10	10	—	—	2240	1975	0,6
85	10	—	5	—	2012	1321	2,9
88	10	—	—	2	2459	1708	1,8

Es lassen sich aus den Ergebnissen dieser Versuchsreihe, besonders wenn man das oben besprochene Verhalten der Kupferzinn-, Kupferzink- und Kupfernickellegirungen mit in Betracht zieht, folgende Schlußfolgerungen ableiten:

1. Ein Zusatz von Mangan zum Kupfer übt eine ähnliche Einwirkung als Zinn, Zink oder Nickel; d. h. die Festigkeit nimmt bis zu einem Mangangehalte, dessen Höhe noch nicht ermittelt ist, zu. Eine Legirung aus 90 Thln. Kupfer mit 10 Thln. Mangan besitzt annähernd die gleiche Festigkeit als eine Legirung aus 90 Thln. Kupfer mit 10 Thln. Nickel oder 10 Thln. Zinn, ist aber weniger zähe als die erstere und verhält sich in dieser Beziehung ähnlich, als die Kupferzinnlegirung mit 90 Proc. Zinn (vergl. die frühere Tabelle).

2. Ternäre Legirungen aus Kupfer, Mangan und Zinn besitzen annähernd die gleiche Festigkeit, aber auch die nämliche Sprödigkeit, als Kupferzinnlegirungen ohne Mangan mit demselben Kupfergehalte. (Die scheinbar geringere Festigkeit der Legirung aus 90 Thln. Kupfer, 5 Thln. Zinn, 5 Thln. Mangan beruht zum großen Theile auf einer stark blasigen Beschaffenheit des benutzten Probestabes, wie in dem betreffenden Berichte erwähnt worden ist.)

3. Ein Gehalt von einigen Procenten Eisen wirkt in ähnlicher Weise wie ein Mangangehalt günstig auf die Festigkeit. Auch Riche fand, daß durch eine Legirung des Kupfers mit 2 bis 4,5 Proc. Eisen die Festigkeit des ersteren ganz erheblich und zwar bei gewalzten Stäben von 2800 kg per Quadratcentimeter auf 4000 kg gesteigert wird.

4. Durch den Zinkgehalt der gegossenen Legirung mit 88 Proc. Kupfer, 10 Proc. Zinn ist zwar die Festigkeit derselben nicht beeinträchtigt, wohl aber die bleibende Längenausdehnung vor dem Zerreißen. Bei kalt gewalzten Stäben dagegen erhielt Uchatius durch einen Zinkgehalt eine merkliche Abnahme der Festigkeit. Die von ihm gefundenen Werthe per Quadratcentimeter Querschnitt sind folgende:

Zusammensetzung			Zerreißungsmodul	Elasticitätsgrenze	Letzte bleibende Ausdehnung in Procenten
Kupfer	Zinn	Zink	Kilogramm per Quadratcentimeter		
90	10	—	5066	1700	1,5
92	8	—	5200	1400	2,5
94	6	—	5460	1300	3,5
88	10	2	3020	600	0,5
89	10	1	4170	1000	0,7
91	8,5	0,5	3800	1500	1,7

Es ist hier die zinkreichste Legirung die am wenigsten feste. Ein Vergleich dieser, allerdings nur auf vereinzelten Versuchen beruhenden Ziffern mit den in der Tabelle für gegossene Kupferzinnlegirungen a. S. 35 enthaltenen zeigt nicht allein die durch Bearbeitung im kalten Zustande zu erreichende Festigkeitszunahme, sondern auch den verschiedenen Einfluß des Zinngehalts im gegossenen und gewalzten Zustande; hier steigt die Festigkeit stetig mit dem Kupfergehalte.

Kupferaluminiumlegirungen.

Durch die Legirung des Kupfers mit Aluminium (bis zu 10 Proc. des letzteren) wird die Festigkeit desselben in erheblichem Maße gesteigert; und zwar mehr noch als durch einen gleich großen Zinngehalt.

Kupfergold- und Kupfersilberlegirungen.

Durch die Legirung des Goldes und Silbers mit gewissen Mengen Kupfer nimmt die Festigkeit derselben in ganz beträchtlichem Maße zu. Karmarsch fand die Zerreißungsfestigkeit von Drähten aus diesen Metallen per Quadratmillimeter

	hartgezogen	geglüht
Silber, fein	32 bis 41 kg	18 bis 19,5 kg
75 Silber, 25 Kupfer	62,8 „ 92,3 „	39,7 „ 48,2 „
Gold, fein	20,3 „ 33,2 „	17,1 „ 18,8 „
90 Gold, 10 Kupfer	45,8 „	—
58,3 Gold, 29,7 Kupfer, 12 Silber	92,9 „ 111,5 „	68,8 „ 79,8 „

e. Härte.

In zahlreichen Fällen ist die Härte der Legirungen größer als die durchschnittliche Härte der legirten Einzelmetalle; kaum jemals tritt durch die Legirung eine merkbare Verringerung der Härte ein. Nicht selten geben sogar zwei verhältnißmäßig weiche Metalle eine Legirung von bedeutend größerer Härte, als sie jedes einzelne derselben besitzt; und bei der Verarbeitung der Metalle zu Gebrauchsgegenständen ist diese Steigerung der Härte und dadurch der Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung gar häufig der einzige Grund, weshalb sie mit anderen Metallen legirt werden.

Besonders deutlich zeigt sich diese Härtesteigerung bei verschiedenen Kupferlegirungen; und vornehmlich ist es das im reinen Zustande verhältnißmäßig weiche Zinn, welches bei der Legirung mit Kupfer außerordentlich große Härtegrade hervorruft.

Kupferzinnlegirungen.

Aus der im 7. Bande auf Seite 44 mitgetheilten Versuchsreihe von Calvert und Johnson über die Härte verschiedener Metalle und Legirungen lassen sich folgende Verhältnißzahlen für die Härte der Kupferzinnlegirungen ableiten:

Zinn	1
Kupfer	11,1
93 Thle. Kupfer, 7 Thle. Zinn	22,2
91,5 „ „ 8,5 „ „	23,6
89 „ „ 11 „ „	28,5
84,3 „ „ 15,7 „ „	34
21,2 „ „ 78,8 „ „	5
10 „ „ 90 „ „	3,3

Aehnliche Ergebnisse erhielt Riche. Nach seinen Ermittelungen steigt die Härte der Kupferzinnlegirungen vom reinen Zinn aufwärts mit zunehmendem Kupfergehalte nachweisbar, bis derselbe 35 Proc. beträgt (Atomverhältniß $CuSn$); bei weiterer Anreicherung des Kupfers werden die Legirungen so spröde, daß die Untersuchung unzuverlässig wird, bis der Kupfergehalt 80 Proc. beträgt; von hier ab bis zum reinen Kupfer verringert sich allmälig der bedeutende Härtegrad.

Nach einer zuerst von d'Arcet gemachten, später vielfach bestätigten und für die technische Verwendung benutzten Beobachtung wird die Härte der Kupferzinnlegirungen mit 18 bis 22 Proc. Zinn (zinnreichere finden überhaupt aus den schon a. S. 34 angeführten Gründen keine technische Verwendung) verringert, wenn sie auf Rothgluth erhitzt und durch Eintauchen in Wasser abgekühlt (abgelöscht, „angelassen“) werden; zinnärmere Legirungen dagegen werden durch dieses Verfahren nicht merklich beeinflußt.

Durch Zusatz von Eisen oder Mangan wird sowohl die Härte des Kupfers wie der Kupferzinnlegirungen erhöht.

Kupferzinklegirungen:

Nicht ganz so kräftig als Zinn, aber immerhin merklich steigert das an und für sich härtere Zink die Härte des Kupfers. Unter Zugrundelegung der obigen Verhältnißzahlen für Kupferzinnlegirungen erhalten wir nach den Versuchen Calvert's und Johnson's für

Zink	6,8
Kupfer	11,1
83 Thle. Kupfer, 17 Thle. Zink	15,8
79,5 „ „ 20,5 „ „ bis 66 „ „ 34 „ „ } . . .	17,4
49,5 „ „ 50,5 „ „	22,3

Riche fand, übereinstimmend mit den Angaben Calvert's und Johnson's die Legirung mit 49,5 Theilen Kupfer härter als alle kupferreicheren; bei weiterer Abnahme des Kupfergehalts wurde die Legirung so spröde und brüchig, daß eine Bestimmung des Härtegrades nicht gelang; erst die Legirung aus 10,8 Thln. Kupfer und 89,2 Thln. Zink ließ sich wieder prüfen und ergab eine nur wenig geringere Härte als bei 49,5 Thln. Kupfer (17,8 nach den obigen Verhältnißzahlen).

Auffallenderweise ist nach den Beobachtungen Calvert's und Johnson's die Härte ternärer Legirungen aus Kupfer, Zinn und Zink geringer als diejenige der reinen Kupferzinnlegirungen mit dem nämlichen Zinngehalte; während der oben mitgetheilten Stufenleiter zufolge eine Kupferzinnlegirung mit 11 Proc. Zinn die Verhältnißzahl 28,5 besitzt, würde

eine Legirung aus 82 Kupfer, 12,8 Zinn, 5,2 Zink die Zahl 20,8
„ „ „ 80 „ 10 „ 10 „ „ „ 28,0

erhalten. Noch stärker scheint die härtende Wirkung des Zinns durch einen Zusatz von Blei abgemindert zu werden; denn eine Legirung aus 80 Kupfer, 5 Zinn, 7,5 Zink und 7,5 Blei würde in der obigen Stufenreihe nur die Zahl 12,7 erhalten, sie ist wenig härter als Kupfer, während die Legirung mit 7 Thln. Zinn ohne Blei und Zink den Härtegrad 22,2 besitzt.

Kupferaluminiumlegirungen

verhalten sich, soweit die bis jetzt angestellten Beobachtungen reichen, ähnlich wie Kupferzinnlegirungen. Die Legirung mit 10 Proc. Aluminium ist noch härter als eine Legirung mit demselben Zinngehalte; und mit zunehmendem Aluminiumgehalte steigt auch die Härte bis zu einer bis jetzt noch nicht ermittelten Grenze.

Goldkupfer- und Silberkupferlegirungen

sind härter als reines Gold, beziehentlich reines Silber und, sofern der Kupfergehalt nicht allzu gering ist, auch härter als reines Kupfer. Bei welchem Kupfergehalte der höchste Härtegrad erreicht wird, ist nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden; Karmarsch fand, daß die Abnutzung der Kupfersilberlegirungen durch Abreiben beim Gebrauche, welche annähernd genau im umgekehrten Verhältnisse zur Härte stehen dürfte, nach folgenden Verhältnißzahlen stattfand:

Bei	99,3	Proc.	Silber	0,7	Proc.	Kupfer	Abreibung	2,97
„	90,0	„	„	10,0	„	„	„	1,60
„	75,0	„	„	25,0	„	„	„	1,48
„	65,6	„	„	34,4	„	„	„	1,31
„	52,0	„	„	48,0	„	„	„	1,20
„	31,2	„	„	68,8	„	„	„	1,00
„	21,8	„	„	78,2	„	„	„	1,045
„	—	„	„	100,0	„	„	„	1,60

Es würde hiernach die Legirung mit 31,2 Proc. Silber die härteste sein und die Härte sich sowohl mit steigendem Silber- als steigendem Kupfergehalte verringern.

Bleiantimonlegirungen.

Die Härte des Bleis wird durch die Legirung mit Antimon in beträchtlichem Maße gesteigert, so daß man nicht selten zur Erzeugung härterer Bleilegirungen denselben einen Antimongehalt verleiht. Aus der im 7. Bande auf Seite 44 mitgetheilten Härtescala der Bleiantimonlegirungen nach Calvert und Johnson ergiebt sich, daß Bleiantimonlegirungen mit 11 bis 17 Proc. Antimon circa viermal so hart als reines Blei, Bleiantimonlegirungen mit 23,5 Proc. Antimon circa fünfmal so hart als reines Blei sind. Wenngleich die Härte bei fernerer Anreicherung des Antimons sich sogar auf das 12fache der Härte des reinen Bleies steigern läßt, so finden doch derartige antimonreichere Legirungen wegen ihrer großen Sprödigkeit keine technische Verwendung.

Bleizinnlegirungen

sind sämmtlich härter als reines Blei und, sofern der Zinngehalt über 60 Proc. hinausgeht, auch härter als reines Zinn. Eine Legirung aus 70 Thln. Zinn mit 30 Thln. Blei besitzt ungefähr die $1^1/_2$fache Härte als reines Zinn und die $2^1/_2$fache Härte als reines Blei (7. Bd., S. 44).

Zinkzinnlegirungen

sind nach den Versuchen von Calvert und Johnson (7. Bd., a. a. O.) zwar härter als Zinn, keine derselben aber erreicht den Härtegrad des Zinks. Die Härte steigert sich ziemlich gleichmäßig mit dem Zinkgehalte.

f. Dehnbarkeit.

Dieselbe wird durch Legirung eines reinen Metalls mit einem anderen fast regelmäßig verringert. Ausführlichere Mittheilungen über den Begriff der Dehnbarkeit sowie das Maß derselben bei Metallen und Legirungen sind im zweiten Abschnitte: „Mechanische Verarbeitung“ bei Besprechung der Arbeitseigenschaften gegeben.

g. Schmelztemperaturen.

Die Schmelztemperatur der Legirungen pflegt niedriger zu sein als das arithmetische Mittel aus den Schmelztemperaturen der legirten Metalle und nicht selten sogar niedriger als diejenige jedes einzelnen, auch des am leichtesten schmelzenden, unter ihnen. Eine zuverlässige Ermittelung des Schmelzpunktes von Legirungen ist jedoch um so schwieriger, und man geräth um so leichter auf falsche Annahme in dieser Beziehung, je stärkere Neigung zum Saigern die Legirung besitzt. Denn sobald beim Abkühlen einer geschmolzenen Legirung sich in Folge der beginnenden Saigerung erstarrende Krystalle aus der noch flüssigen Masse ausscheiden (wobei in Folge des Freiwerdens latenter Wärme ein Stillstand in der Abkühlung einzutreten pflegt), so ändert sich selbstverständlich sofort die Zusammensetzung der im flüssigen Zustande verbliebenen Legirung; selbst wenn es möglich wäre, nunmehr den Erstarrungspunkt der letzteren zu ermitteln, so würde derselbe doch nicht genau dem durchschnittlichen Erstarrungs-, beziehentlich Schmelzpunkte der gesammten Legirung entsprechen, sondern niedriger als dieser sein; häufig aber setzt sich jenes Ausscheiden fester Krystalle ganz allmälig fort unter steter Aenderung in der Zusammensetzung des flüssig bleibenden, und es läßt sich nachweisen — wie schon auf S. 8 erwähnt wurde — daß mitunter, z. B. in Kupferzinnlegirungen mit 20 bis 25 Proc. Zinn, innerhalb einer scheinbar schon erstarrten, aber noch heißen Legirung, zwischen den Krystallen eingepreßt, aus denen das Gefüge derselben gebildet wird, sich kleinere Mengen noch flüssigen Metalls eingeschlossen befinden können, bestehend aus den bei der Saigerung zuletzt übrig gebliebenen Legirungen mit dem niedrigsten Schmelzpunkte. Zieht sich nun das erstarrte Metall bei der fortschreitenden Abkühlung stark zusammen, bevor noch die Erstarrung jener übrig gebliebenen, leicht schmelzenden Legirungen vor sich gegangen war, so werden dieselben in Folge dieses Vorganges, wie schon a. a. O. beschrieben wurde, aus den Poren (zwischen den Krystallflächen) heraus an die Außenfläche gequetscht und erscheinen dort als kugelförmige oder plattgedrückte Tröpfchen oder mitunter auch als dendritische Auswüchse. Je langsamer die Abkühlung vor sich ging, desto ausgeprägter wird die Verschiedenheit der Erstarrungspunkte in einer und derselben Legirung zu Tage treten. Ein ganz analoger Vorgang aber, nur in umgekehrter Reihenfolge, findet naturgemäß bei dem allmäligen Schmelzen starrer gesaigerter Legirungen statt; und deshalb lassen sich auch im günstigsten Falle nur Annäherungswerthe für die durchschnittlichen Schmelztemperaturen saigernder Legirungen ermitteln.

Theils wegen dieses Umstandes, theils auch wegen der Schwierigkeit überhaupt, hohe Temperaturen mit Sicherheit festzustellen, liegen verhältnißmäßig wenig zuverlässige Ermittelungen über die Schmelztemperaturen der Legirungen vor. Nicht selten benutzt man für Temperaturmessungen geschmolzener Metalle jenes bekannte Verfahren, bei welchem eine kleine Menge des Metalls in eine bestimmte Menge Wasser von bestimmter Temperatur eingegossen und, nachdem Temperaturausgleichung stattgefunden hat, aus der Temperaturdifferenz vor und nach dem Eingießen, der Menge des Wassers, der Menge des Metalls und der specifischen Wärme des letzteren die Temperatur desselben vor dem Eingießen berechnet wird; oder indem man einen Eisenkloben oder eine Eisenkugel in das Metallbad, dessen Temperatur ermittelt werden soll, eintaucht, bis er die Temperatur desselben angenommen hat, ihn dann in Wasser wirft und, wie soeben beschrieben verfährt. Bezeichnet

T die gesuchte Temperatur,
P das Gewicht des benutzten Wassers,
p „ „ „ eingegossenen Metalls, beziehentlich des Eisenklobens,
t die Temperatur des Wassers vor dem Einbringen des heißen Metalls,
t_1 die Temperatur desselben nach dem Einbringen,
c die specifische Wärme der Legirung beziehentlich des Eisenklobens,

so ist

$$T = \frac{P(t_1 - t)}{p \cdot c} + t_1.$$

Zur Erlangung von Vergleichsresultaten, wie sie für die Praxis meistens ausreichen, ist dieses einfache Verfahren vollständig geeignet; man kann damit z. B. in verhältnißmäßig kurzer Zeit ermitteln, ob eine geschmolzene, für die Gießerei bestimmte Legirung die nämliche Temperatur besitzt, als in einem früheren Falle, ob sie stärker oder weniger stark erhitzt ist; aber absolut richtige Temperaturgrade nach der Scala von Celsius, Réaumur, Fahrenheit vermag sie nicht zu geben, weil die specifische Wärme der Metalle und Legirungen in den Temperaturen über 100° nicht bekannt ist. Benutzt man die bekannten Werthe für die specifische Wärme bei den Temperaturen bis 100°, so bekommt man zu hohe Temperaturen, weil die specifische Wärme der Metalle mit der Temperatur zunimmt, und aus diesem Grunde fällt auch die Differenz zwischen wirklicher und berechneter Temperatur im Allgemeinen um so größer aus, je höher die gesuchte Temperatur liegt [1]).

Hinsichtlich des Schmelzpunktes der **Kupferzinnlegirungen** läßt sich annehmen — und die bisher angestellten Beobachtungen geben die Bestätigung dafür — daß derselbe mit abnehmendem Kupfergehalte immer niedriger wird. Künzel fand mit Hülfe der beschriebenen Methode (Eingießen in Wasser) folgende Ziffern:

Kupfergehalt .	95	92	90	89	86	84	80 Proc.
Schmelzpunkt .	1360	1290	1250	1220	1150	1100	1020° C.

[1]) Annäherungswerthe lassen sich mit Benutzung der von Weinhold gegebenen Tabellen immerhin erreichen; vergl. Post, Technische Analyse, Braunschweig 1881, S. 35.

Diese Ziffern sind offenbar zu hoch, wie sich aus der Thatsache schließen [lä]ßt, daß reines Kupfer schon bei circa 1100° schmilzt (7. Bd., S. 49); immer[hin] liefern sie den Beweis für das stete Sinken der Schmelztemperatur, sobald [der] Kupfergehalt ab-, der Zinngehalt zunimmt.

Riche maß den Schmelzpunkt der beiden Legirungen $SnCu_3$ (mit 62 Proc. [Ku]pfer) und $SnCu_4$ (mit 68,3 Proc. Kupfer), welche er als constante, der Sai[ge]rung nicht unterworfene Legirungen bezeichnet. Er bediente sich eines Becquerel'[sch]en thermoelektrischen Pyrometers und fand die Schmelztemperaturen jener [Le]girungen zwischen dem Schmelzpunkte des Antimons (432° C. nach Dalton, [5]34° C. nach Becquerel) und dem Verdampfungspunkte des Cadmiums (720° C. [na]ch Becquerel) liegend, so daß man dieselben auf etwa 650° C. wird schätzen [kö]nnen. Setzt man nun die Schmelztemperatur des reinen Kupfers gleich 1100°, [so] erhält man mit Benutzung der von Künzel gefundenen Verhältnißzahlen [fo]lgende Annäherungswerthe für die durchschnittlichen wirklichen Schmelzpunkte [de]r kupferreicheren Kupferzinnlegirungen:

Kupfergehalt . .	100	95	90	85	80 Proc.
Schmelztemperatur .	1100	1000	900	850	800° C.

Kupferzinklegirungen verhalten sich den bisher angestellten Beobachtungen [zu]folge analog den Kupferzinnlegirungen, d. h. der Schmelzpunkt steigt und sinkt [m]it dem Kupfergehalte. Den Schmelzpunkt einer Legirung mit 50 Proc. Kupfer [f]and Daniell bei 912° C.; demnach würde man für die kupferreicheren Legirungen [u]ngefähr folgende Schmelztemperaturen annehmen können:

Kupfergehalt . . .	90	80	70	60 Proc.
Schmelztemperatur .	1060	1020	980	950° C.

Ueber die Schmelztemperaturen der **Silberkupferlegirungen** wurden von [R]oberts Versuche mit Hülfe der oben beschriebenen Methode unter Benutzung [e]ines Eisenklobens angestellt, dessen specifische Wärme in der höheren Temperatur [d]urch besondere Versuche gleich 0,1569 gefunden wurde (specifische Wärme des [E]isens in gewöhnlicher Temperatur = 0,1138). Der Schmelzpunkt des reinen [S]ilbers wurde zu 1040°, derjenige des Kupfers nach Van Riemsdijk zu [1]330° C. angenommen [1]). Die erhaltenen Ergebnisse waren folgende:

Silbergehalt .	92,5	80	75	63	60	57	50	46	25 Proc.
Schmelzpunkt	931	887	850	847	857	900	940	960	1114° C.

Auch wenn man die genaue Richtigkeit der Einzelresultate in Zweifel ziehen [w]ill, so ergiebt sich doch mit ziemlicher Sicherheit, daß sämmtliche Legirungen mit [m]ehr als 50 Proc. Silber einen noch niedrigeren Schmelzpunkt besitzen als das [re]ine Silber und daß bei einem Silbergehalte zwischen 60 und 70 Proc. die [S]chmelztemperatur ihren niedrigsten Stand erreicht.

---

[1]) Diese Ziffern sind jedenfalls zu hoch. Becquerel fand den Schmelzpunkt des [S]ilbers zu 960°, Violle zu 954°; der Schmelzpunkt des Kupfers dürfte keinesfalls [e]rheblich höher als bei 1100° liegen.

Kupferzinklegirungen.

Kleine Mengen Zink erhöhen ebenfalls die Festigkeit des Kupfers, obschon der Einfluß des Zinks, soweit die bis jetzt angestellten Versuche reichen, in weniger ausgeprägter Form als derjenige des Zinns sich zeigt. Mallet fand nachstehende Werthe für die Zerreißungsfestigkeit der Kupferzinklegirungen.

Legirungen	Zerreißungsfestigkeit
Legirungen mit 90 Thln. Kupfer und 10 Thln. Zink bis 88½ „ „ „ 11½ „ „	durchschnittlich 1850 kg per qcm
Legirungen mit 87,3 Thln. Kupfer und 12,7 Thln. Zink bis 74,5 „ „ „ 25,5 „ „	„ 2000 „ „ „
Legirungen mit 66 Thln. Kupfer und 34 Thln. Zink bis 34 „ „ „ 66 „ „	„ 1600 „ „ „
Legirung mit 31,5 Thln. Kupfer und 68,5 Thln. Zink	„ 320 „ „ „
Sämmtliche zinkreicheren Legirungen mit einem Zinkgehalte bis 83,6 Proc.	„ 340 „ „ „[1].

Die Zerreißungsfestigkeit des benutzten reinen Kupfers fand Mallet gleich 3700 kg, diejenige des Zinks gleich 2300 kg per Quadratcentimeter, Ziffern, die sich nur durch die Annahme erklären lassen, daß diese Metalle im verarbeiteten Zustande (geschmiedet oder gezogen), die Legirungen dagegen in Form von gegossenen Stäben geprüft worden seien. Trotz der Unvollständigkeit der mitgetheilten Ergebnisse läßt sich doch mit Sicherheit der Schluß ziehen, daß, sobald der Zinkgehalt über etwa 60 Proc. hinausgeht, die Legirung so rasch an Festigkeit einbüßt, um für die meisten Zwecke unbenutzbar zu werden. Eine kleine Menge Zinn zu den Kupferzinklegirungen gesetzt scheint die Festigkeitseigenschaften derselben in beträchtlichem Maße zu steigern. Thurston nennt eine Legirung aus 55 Thln. Kupfer, 43 Thln. Zink, 2 Thln. Zinn „die festeste der Bronzen“ und fand bei der Prüfung auf Torsionsfestigkeit den Zerreißungsmodul derselben gleich 4570 kg per Quadratcentimeter.

---

[1]) In der Abhandlung von Mallet ist außerdem eine Festigkeit von 19,3 Tonnen per Quadratzoll, also 2900 kg per Quadratcentimeter für eine Legirung angegeben, welche 32,85 Proc. Kupfer enthält. Man darf wohl, allen sonstigen Beobachtungen entsprechend, annehmen, daß diese Angabe auf einem Druckfehler beruht und statt 19,3 Tonnen 9,3 Tonnen (1400 kg per Quadratcentimeter) zu setzen ist.

Zerreißungsfestigkeit von Kupfernickel- und Kupfernickelzinnlegirungen.

(Nach Künzel.)

Für die Versuche wurden gegossene Barren benutzt.

Zusammensetzung			Zerreißungsmodul	Elasticitätsgrenze	Letzte bleibende Verlängerung in Procenten
Kupfer	Nickel	Zinn	Kilogramm per Quadratcentimeter		
95	5	—	1682	unter 500	14,7
90	10	—	1830	520	15,6
90	5	5	1972	1118	7,2
85	10	5	2665	1334	9,7
75	20	5	2220	1440	3,8
85	5	10	1621	1263	1,0
80	10	10	2032	1568	1,1

Auch hier zeigt sich eine Zunahme der Festigkeit durch Zusatz von Nickel, die jedoch bei etwa 10 Proc. Nickel ihr Maximum zu erreichen scheint. Eine kleine Menge Zinn (bis 5 Proc.) neben dem Nickel mit dem Kupfer legirt, erhöht die Festigkeit desselben beträchtlich (vergl. Legirung aus 85 Kupfer, 10 Nickel, 5 Zinn); geht aber der Zinngehalt über diese Grenze hinaus, so nimmt die Festigkeit wieder ab (vergl. die beiden letzten Legirungen). Bis zu einem Nickelgehalte von 10 Proc. wird die Sprödigkeit nicht merklich erhöht; eine Legirung mit 10 Proc. Nickel ist erheblich weniger spröde, als eine Legirung mit 10 Proc. Zinn (vergl. die oben mitgetheilte Tabelle der Kupferzinnlegirungen); wohl aber steigert sich die Sprödigkeit sofort, wenn neben dem Nickel Zinn in die Legirung tritt.

Daß die specifische Wärme einer Kupferzinnlegirung mit 90 Proc. Kupfer (Geschützbronze) genau gleich dem berechneten Mittelwerthe sei, bewies Matthiessen in einer Sitzung der Londoner chemischen Gesellschaft mit Hülfe zweier Cylinder von ganz gleichen Gewichten, deren einer aus der erwähnten Legirung bestand, während der andere aus den reinen Metallen in demselben Gewichtsverhältnisse unter einander zusammengesetzt war. Beide Cylinder wurden an einem Faden in kochendem Wasser aufgehängt und einige Minuten erhitzt, dann herausgenommen und in zwei ganz gleichen, mit kaltem Wasser gefüllten Gefäßen abgekühlt. Die angestellte Temperaturmessung mit Hülfe eines Differenzialthermometers ergab, daß in beiden Gefäßen die Temperatursteigerung des Wassers genau gleich war.

Die specifische Wärme solcher Legirungen dagegen, welche in Temperaturen unter oder wenig über 100 Grad schmelzen, fand Regnault durchgehends höher als sie die Berechnung ergab, eine Bestätigung der bekannten Thatsache, daß die specifische Wärme um so mehr zunimmt, je näher die Temperatur des betreffenden Körpers dem Schmelzpunkte liegt.

k. Wärmeleitungsfähigkeit.

Aus den bereits im 7. Bande des Handbuchs der chemischen Technologie auf Seite 60 mitgetheilten Ergebnissen der Untersuchungen Calvert's und Johnson's über die Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Legirungen folgt:

1) daß in keinem Falle die Wärmeleitungsfähigkeit einer Legirung größer ist als das aus den Leitungsfähigkeiten der legirten Einzelmetalle berechnete Mittel.

2) daß auch nur in einzelnen Fällen — beispielsweise bei den sämmtlichen Bleizinnlegirungen und Wismuthzinnlegirungen — die thatsächliche Wärmeleitungsfähigkeit mit der berechneten übereinstimmt.

3) daß in zahlreicheren Fällen die Leitungsfähigkeit erheblich hinter der berechneten zurückbleibt, ja mitunter sogar geringer ist als diejenige des am schlechtesten leitenden der legirten Einzelmetalle.

Sehr deutlich zeigt sich diese benachtheiligende Einwirkung der Legirung auf die Wärmeleitungsfähigkeit bei den meisten Legirungen des Kupfers. Unter den Kupferzinnlegirungen leiten alle diejenigen, deren Kupfergehalt nicht über 50 Proc. beträgt, die Wärme nicht besser als reines Zinn, dessen Wärmeleitungsfähigkeit annähernd halb so groß ist als die des Kupfers; erst bei einem Kupfergehalte von 60 Proc. an steigert sich langsam die Wärmeleitungsfähigkeit der Legirung mit dem Kupfergehalte.

Kupferzinklegirungen besitzen ebenfalls eine erheblich geringere Leitungsfähigkeit als die berechnete; dieselbe ist bei den zinkreicheren Legirungen (mit mehr als 50 Proc. Zink) noch geringer als diejenige des Zinks d. h. des am wenigsten gut leitenden der beiden Metalle, und geht nach Versuchen von Wiedemann auch in den kupferreicheren Legirungen (65 bis 90 Proc. Kupfer) nicht über die Leitungsfähigkeit des Zinks hinaus.

Schon 0,25 Proc. Arsen vermag die Leitungsfähigkeit des Kupfers merklich, 1 Proc. Arsen auf circa 0,7 der Leitungsfähigkeit des reinen Kupfers abzumindern.

1 Proc. Silber, des besten Leiters der Wärme, mit Gold legirt, verringert die Leitungsfähigkeit des letzteren auf circa 0,85 der ursprünglichen.

Bei Benutzung der Metalle für Gegenstände, bei denen große Wärmeleitungsfähigkeit erwünscht ist, sind daher reine Metalle den Legirungen vorzuziehen; umgekehrt verdienen diese den Vorzug, wenn die Wärmeleitung erschwert werden soll.

1. Leitungsfähigkeit für Elektricität.

Nach zahlreichen von Matthiessen angestellten Versuchen, deren einzelne Ergebnisse im 7. Bande dieses Handbuchs, Seite 65 bis 67 bereits auszugsweise mitgetheilt worden sind, verhalten sich die Metalle hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit für Elektricität ähnlich als hinsichtlich derjenigen für Wärme; d. h.

in keinem Falle ist die wirkliche Leitungsfähigkeit der Legirungen größer als das aus den Leitungsfähigkeiten der Einzelmetalle und ihrem relativen Volumen berechnete Mittel;

nur in verhältnißmäßig seltenen Fällen entspricht die wirkliche Leitungsfähigkeit der berechneten mittleren Leitungsfähigkeit; und zwar zeigt sich dieses Verhalten bei den Legirungen der Metalle Blei, Zinn, Zink, Cadmium unter einander;

häufiger — und zwar bei allen Legirungen der übrigen Metalle unter einander sowie mit den soeben genannten — ist die wirkliche Leitungsfähigkeit geringer als die berechnete und nicht selten sogar geringer als diejenige des am wenigsten gut leitenden der Einzelmetalle. Recht charakteristisch in letzterer Beziehung verhalten sich die Goldsilber- und Kupferzinnlegirungen, deren elektrische Leitungsfähigkeit in Fig. 4 und 5 (a. f. S.) graphisch dargestellt ist. Beide Curven deuten nicht nur im Allgemeinen, sondern auch in den einzelnen Legirungen auf eine große Aehnlichkeit im Verhalten hinsichtlich der Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität hin; bei den Goldsilberlegirungen erniedrigt schon ein geringer Zusatz des gut leitenden Silbers zum Golde dessen Leitungsfähigkeit beträchtlich; bei den Kupferzinnlegirungen fällt zwar die Leitungsfähigkeit der Legirungen nicht erheblich unter diejenige des Zinns, bleibt aber annähernd dieser gleich, bis der Kupfergehalt 85 Volumprocente oder circa 90 Gewichtsprocente beträgt.

Eine ähnliche Curve als die Goldsilberlegirungen zeigen Goldkupferlegirungen und Silberkupferlegirungen; eine Curve analog derjenigen der Kupferzinnlegirungen die Kupferzinklegirungen u. a.

m. Farbe.

Auch hinsichtlich der Farbe der Legirungen läßt sich die schon vielfach besprochene Thatsache beobachten, daß die Intensität der Einwirkung, welche ein Zusatz bestimmter Gewichtsmengen oder Volumina eines Metalls zu einem anderen auf die physikalischen Einwirkungen desselben ausübt, durchaus nicht bei den verschiedenen Metallen gleich stark ist, sondern erhebliche Abweichungen zeigt; ja daß sogar die Farbe einer Legirung keineswegs immer die Mischfarbe aus den Farben der legirten Metalle bildet, sondern mitunter ganz selbstständige Töne zeigt. Während z. B. in den Kupfersilberlegirungen die Farbe des einen Metalls ziemlich regelmäßig in die-

jenige des andern übergeht, also immerhin noch einen mit abnehmendem Kupfergehalte lichter werdenden röthlichen Farbenton zeigt, somit thatsächlich eine wirkliche

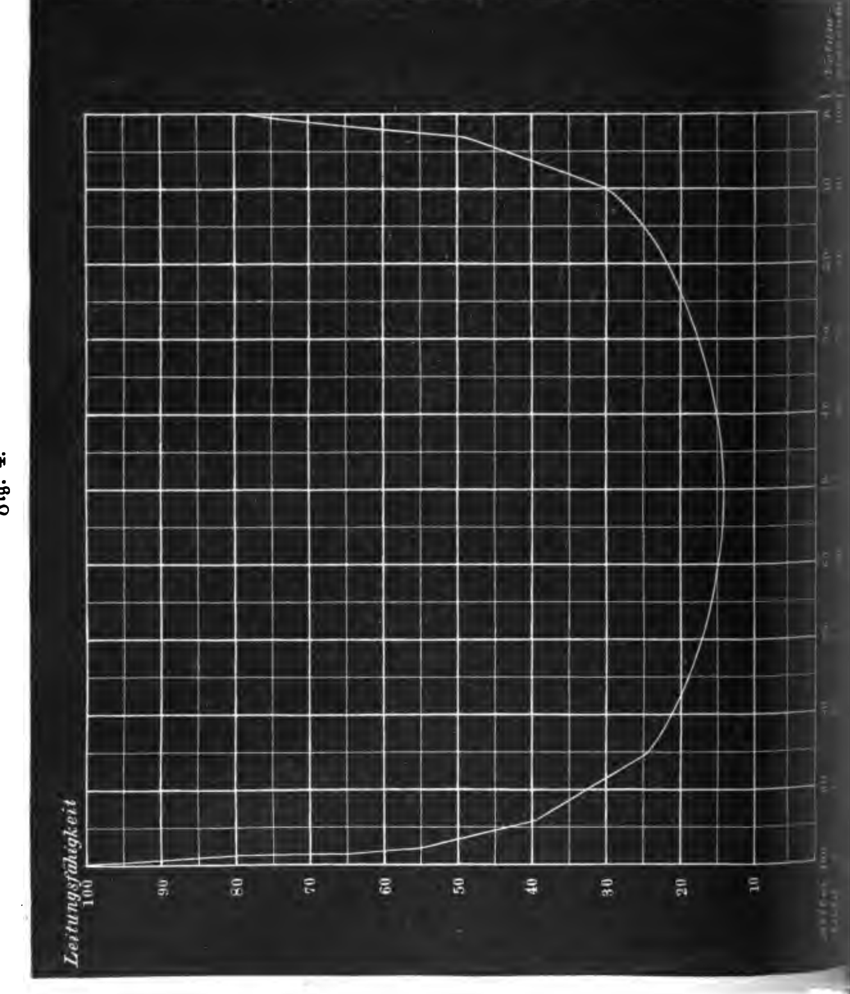
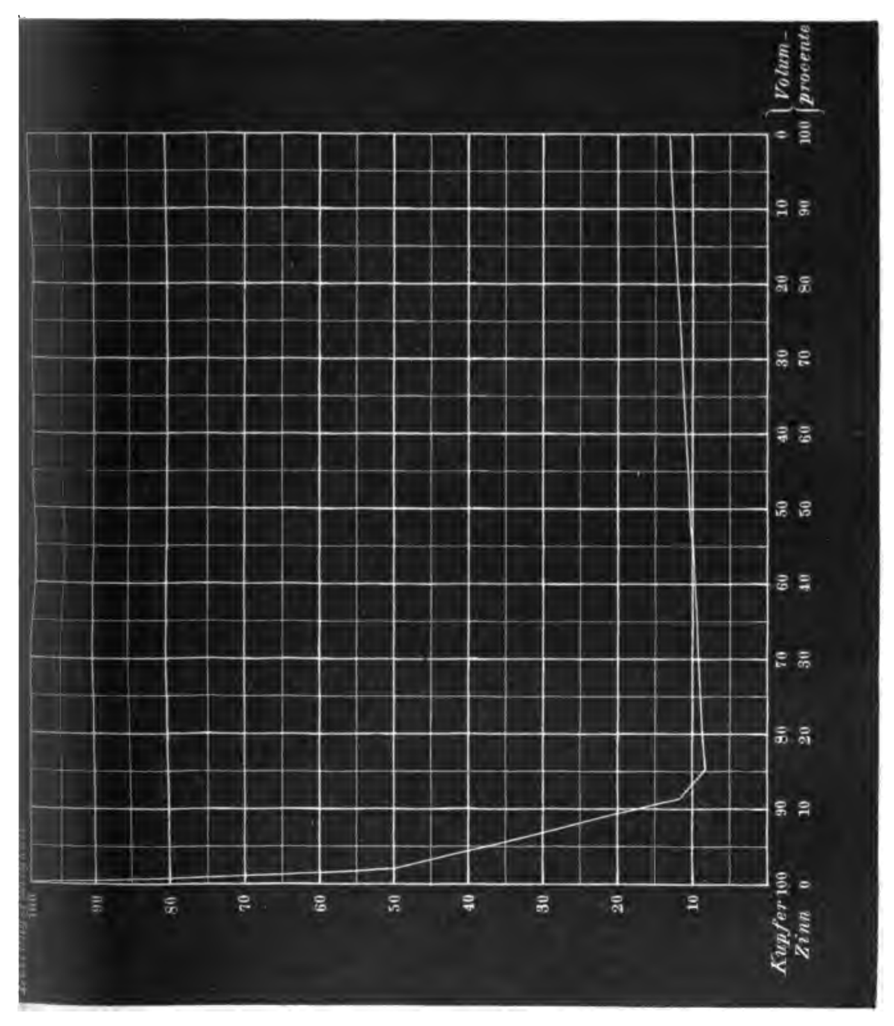


Fig. 4.

Mischfarbe bildet, verschwindet in einigen Kupferzinnlegirungen und deutlicher noch in einigen Kupferzinklegirungen schon bei noch verhältnißmäßig hohem Kupfergehalte die rothe Farbe vollständig und macht einer deutlich gelben Färbung Platz, welche sich durchaus nicht durch einfaches Mischen von Roth und Weiß, beziehentlich Roth und Grau (bei den Kupferzinklegirungen) hervorbringen läßt.

Unter den technisch benutzten einfachen Metallen ist bekanntlich die Mannigfaltigkeit der Färbung nicht groß. Ein einziges Metall, das Kupfer, ist roth; ein zweites, das Gold, gelb; alle übrigen sind weiß oder lichtgrau gefärbt in den

verschiedenen Abstufungen vom Reinweiß des Silbers und Zinns bis zum Hellgrau des Bleies, Platins u. a. Zwei oder mehr weiße Metalle mit einander legirt geben stets weiße Legirungen.



Weiße Metalle mit dem rothen Kupfer legirt geben röthlichweiße, röthlichgelbe, reingelbe, graue oder weiße Legirungen. Weiße Metalle mit Gold legirt geben hellgelbe, grünliche oder weiße Legirungen.

Die Intensität der durch dieses oder jenes Metall in einer Legirung hervorgerufenen Färbung ist aber, wie erwähnt, eine ziemlich abweichende. Man wird für die zu farbigen Legirungen häufiger benutzten Metalle ungefähr folegnde Stufenleiter annehmen können:

Zinn, Nickel, Aluminium
Mangan
Eisen
Kupfer
Zink
Blei
Platin
Silber
Gold.

Jedes in dieser Reihe einem anderen voranstehende Metall beeinflußt stärker die Farbe als das nachfolgende, so daß mitunter die Farbe des letzteren schon durch verhältnißmäßig geringe Mengen des stärker färbenden Metalls vollständig zum Verschwinden gebracht werden kann.

Nicht immer jedoch machen die einzelnen Farbentönungen allmälig und gleichförmig einander Platz, wenn in einer Legirung der Gehalt des einen Metalls steigt und sinkt, sondern man bemerkt mitunter sprungweise Uebergänge; ja es kommt ausnahmsweise vor, daß eine Legirung mit reichlicheren Mengen eines weiß färbenden Metalls einen dunkleren Farbenton zeigt als dieselbe Legirung mit geringeren Mengen jenes Metalls.

Recht deutlich läßt ein Vergleich der Farbenskalen der Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen die verschiedene Intensität der durch diese drei Metalle hervorgerufenen Färbung erkennen.

Kupfergehalt	Kupferzinnlegirungen		Kupferzinklegirungen		Kupferzinnzinklegirungen		
	Zinngehalt	Farbe	Zinkgehalt	Farbe	Zinngehalt	Zinkgehalt	Farbe
95	5	Rothgelb, goldähnlich	5	Roth, fast kupferfarben	—	—	—
90	10	Röthlich, graugelb	10	Gelblich, rothbräunlich	—	—	—
84	16	Röthlichgelb	16	Rothgelb	5	11	Orangeroth
80	20	Röthlichgrau	20	Röthlichgelb	4	16	Orangegelb
78	22	Gelbgrau	22	Röthlichgelb	4	18	Orangegelb
75	25	Röthlichweiß	25	Hellgelb	—	—	—
73	27	Röthlichweiß	27	Gelb	4	23	Hellorange
70	30	Weiß	30	Gelb	3	27	Hellgelb
65	35	Bläulichweiß	35	Hochgelb	3	32	Lichtgelb
62	38	Bläulichgrau	38	Hochgelb	—	—	—
59	41	Grau	41	Röthlichgelb	—	—	—
50	50	Lichtgrau	50	Schön goldgelb	—	—	—
40	60	Grauweiß	60	Wismuthgrau mit starkem Glanze	—	—	—
30	70	Grauweiß	70	Antimongrau	—	—	—
20	80	Weißlich	80	Zinkgrau	—	—	—
10	90	Weißlich	90	Zinkgrau	—	—	—

Es zeigt sich, daß, während die an und für sich lebhafte Farbe des Kupfers schon durch einen Zinngehalt von 30 Proc. vollständig verdeckt wird, sie durch die nämliche Menge Zink erst in Gelb umgewandelt wird, und daß circa 60 Proc. Zink nöthig sind, um sie ganz verschwinden zu machen. Interessant und nicht ohne praktische Wichtigkeit ist ferner bei den Kupferzinklegirungen der Umstand, daß die Farbe bei 25 bis etwa 35 Proc. Zink reingelb (messinggelb), bei noch höherem Zinkgehalte (bis 50 Proc.) dagegen goldgelb erscheint. Noch wärmere Farbentöne erscheinen, wie die dritte Columne zeigt, wenn man in den kupferreicheren Legirungen (70 bis 80 Proc. Kupfer) einen Theil des Zinks durch Zinn ersetzt.

Die kräftig färbende Wirkung des Nickels ist an unseren Nickelmünzen erkennbar, in denen trotz ihres Gehalts von 75 Proc. Kupfer bei nur 25 Proc. Nickel die Farbe des ersteren vollständig verschwunden ist.

Eine sehr geringe färbende Kraft besitzt das Gold. Goldsilberlegirungen mit 64 Proc. Gold zeigen eine grünlich-gelbe, mit 30 Proc. Gold bereits eine vollständig weiße Farbe wie Feinsilber. Wird es mit Kupfer legirt, so verschwindet schon bei etwa 75 Proc. Kupfer vollständig die Goldfarbe und die Legirung besitzt die rothe Farbe des Rosettenkupfers, während eine Silberkupferlegirung mit der nämlichen Menge Kupfer noch deutlich den Silbergehalt erkennen läßt.

n. Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse.

Die Kenntniß der in der Ueberschrift bezeichneten Eigenschaft der Legirungen besitzt eine nicht geringe praktische Wichtigkeit. Fast alle aus Metallen und Legirungen gefertigten Gegenstände sind den Einwirkungen der in der Atmosphäre enthaltenen Gase (außer dem sich ziemlich indifferent verhaltenden Stickstoff: Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserdampf; in bewohnten Ortschaften fast immer Schwefelwasserstoff, Ammoniak u. a.), viele daneben auch der Einwirkung von Regen und Schnee preisgegeben; bei den in der Küche oder für technische Zwecke benutzten Geräthen, bei Aufbewahrungs- oder Trinkgefäßen wirken saure, alkalische, salzhaltige oder fette Flüssigkeiten auf die Metalle ein. Vielfach ist bei der Herstellung solcher Metallgegenstände eine Legirung des eigentlich für die Anfertigung bestimmten Metalls mit einem anderen in Rücksicht auf die sonstigen durch die Legirung geübten Einflüsse wünschenswerth; es fragt sich aber, ob das legirte Metall auch in demselben Maße wie das reine widerstandsfähig gegen die auf den fertigen Gebrauchsgegenstand wirkenden chemischen Einflüsse sei. So z. B. ist bleihaltiges Zinn in vieler Beziehung dem reinen Zinn vorzuziehen; es ist härter (also dauerhafter gegen mechanische Abnutzung), fester, füllt beim Gießen die Formen leichter aus; soll aber die Legirung zu Küchengeräthen, Trinkgefäßen oder ähnlichen Zwecken benutzt werden, so entsteht die in Rücksicht auf die giftigen Eigenschaften des Bleies wichtige Frage, ob die Legirung auch den bei dieser Benutzung thätigen chemischen Einflüssen in demselben Maße als das reine Zinn Widerstand zu leisten vermöge.

Dennoch sind die bisherigen Untersuchungen über das Verhalten der Legirungen in dieser Beziehung ziemlich spärlich. Häufig wird die chemische Einwirkung irgend eines Körpers auf ein Metall durch die Legirung des letzteren mit einem anderen selbst unter dasjenige Maß abgeschwächt, welches der einfachen Verdünnung des ersteren Metalls entsprechen würde, ja, zwei im reinen Zustande einer bestimmten Einwirkung sehr zugängliche Metalle zeigen nicht selten gegen die nämliche Einwirkung eine verhältnißmäßig große Widerstandsfähigkeit, wenn sie in bestimmten Verhältnissen mit einander legirt werden. Auch zeigt es sich in dieser Beziehung ebensowohl wie hinsichtlich der übrigen Eigenschaften der Legirungen, daß zwei Legirungen, aus denselben Metallen, aber unter verschiedenen Gewichtsverhältnissen, zusammengesetzt, ein erheblich abweichendes Verhalten von einander zeigen können; und es kommt vor, daß eine Legirung mit größerem Gehalte an einem, bestimmten Einflüssen gegenüber weniger widerstandsfähigen, Metalle doch von diesen nämlichen Agentien weniger angegriffen wird als eine andere, deren Gehalt an jenem Metalle geringer ist. Es liegt nahe, daß man auch diese Eigenthümlichkeit mancher Legirungen als Merkmal für das Vorhandensein wirklicher chemischer Verbindungen zu betrachten versucht war.

Mitunter aber zeigt sich auch ein entgegengesetztes Verhalten. St. Claire-Deville fand, daß eine Bleiplatinlegirung, welche in einem Schranke aufbewahrt wurde, durch den Einfluß der Luft vollständig zersetzt, das Blei in Bleiweiß umgewandelt worden war, während ein daneben liegendes Stück reines Blei unbeeinflußt geblieben war; unter den Silberkupferlegirungen zeigt diejenige, welche 25 Proc. Kupfer enthält, sich dem Anlaufen in schwefelwasserstoffhaltiger Luft stärker unterworfen als reines Silber; u. s. f.

Calvert und Johnson, welche verschiedene Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Säuren und Salzen untersuchten, machten die auffallende Beobachtung, daß aus Kupferzinklegirungen durch Salpetersäure von 1,08 specif. Gewicht fast das ganze Zink und nur eine kleine Menge Kupfer aufgelöst wurde, während Salpetersäure von 1,14 specif. Gewicht beide Metalle genau in denselben Gewichtsverhältnissen auflöste, als sie in der Legirung zugegen waren; Salzsäure von 1,05 specif. Gewicht dagegen, welche bekanntlich Zink leicht löst, blieb vollständig unwirksam auf alle kupferreicheren Kupferzinklegirungen, sowie auch besonders auf diejenige, welche gleich viel Atome jedes Metalls enthielt ($Zn = 50{,}7$, $Cu = 49{,}2$). Ebenso bildete ein Zinkgehalt einen kräftigen Schutz gegen die Einwirkung concentrirter Schwefelsäure auf Kupfer. Die Legirung Cu_4Zn_3 (mit 56,5 Proc. Kupfer) wurde von concentrirter Salzsäure oder Salpetersäure sehr wenig, von Schwefelsäure gar nicht angegriffen.

Kupferzinnlegirungen zeigten sich gegenüber der Einwirkung von Salpetersäure sämmtlich widerstandsfähiger als reines Kupfer und merkwürdiger Weise die zinnärmeren in höherem Maße als die zinnreicheren; so z. B. wurde die Legirung $CuSn_5$ (enthaltend 10 Proc. Kupfer) zehnmal stärker durch die Säure angegriffen als $CuSn$ (mit 35 Proc. Kupfer).

Unter den Kupferzinnzinklegirungen wurden die beiden

$Cu_{18}SnZn$ mit 86 Proc. Kupfer, 9 Proc. Zinn, 5 Proc. Zink,
$Cu_{10}SnZn$ „ 77 „ „ 14,5 „ „ 8 „ „

von concentrirter Salpetersäure oder Salzsäure sehr wenig, von Schwefelsäure gar nicht angegriffen, verhielten sich also wie die oben erwähnte Legirung Cu_4Zn_3. Diese Widerstandsfähigkeit der genannten Legirungen ist besonders gegenüber der Salpetersäure beachtenswerth, welche bekanntlich jedes einzelne der betreffenden Metalle mit Leichtigkeit angreift.

Hinsichtlich des Einflusses von Seewasser auf Kupferzink- und Kupferzinkzinnlegirungen fanden Calvert und Johnson,

daß aus den reinen Kupferzinklegirungen vorwiegend Zink aufgelöst, mithin durch den Zinkzusatz das Kupfer geschützt werde;

daß in den ternären Legirungen aus den genannten Metallen die Auflösung des Zinks geringer, die des Kupfers beträchtlicher sei, als in Kupferzinklegirungen, und daß somit durch den Zusatz von Zinn das Zink geschützt, das Kupfer aber stärker preisgegeben werde, ohne daß bei gleich bleibendem Kupfergehalte eine Abschwächung der totalen Einwirkung erkennbar war. Dagegen wird durch einen geringen Zusatz von Blei und Eisen zu den Kupferzinklegirungen die Einwirkung des Seewassers abgemindert (vergl. Muntzmetall unter 3, Beispiele).

Unter dem Einflusse der Atmosphärilien überziehen sich die kupferreicheren Legirungen aus Kupfer und Zinn im Laufe der Zeit mit einer schönen, lichtgrünen oder bräunlichen Kruste, Patina genannt, großentheils aus Hydroxyden und Carbonaten der vorhandenen Metalle bestehend, welche theils ihres schönen Aussehens halber, theils als Kennzeichen antiker Gegenstände besonders geschätzt und deren Entstehung deshalb theils durch passende Wahl der Legirung, theils durch Anwendung chemischer Agentien nicht selten zu befördern gesucht wird. Auf einer Legirung, bestehend aus:

Cu	Sn	Pb	Co,Ni	Fe
89,78	6,83	1,85	0,90	0,28

fand J. Schuler eine Patina von folgender Zusammensetzung

SnO_2	49,13
CuO	22,46
PbO	3,53
Fe_2O_3, Al_2O_3	1,75
CO_2	6,35
H_2O	8,48
Organische Substanz	0,76
H	0,65
Unlösliches	6,16

oder, wenn man von den zufällig anwesenden fremden Stoffen (organische Substanz, Sand ꝛc.) absieht:

SnO_3H_2	60,92
$CuCO_3 . CuO_2H_2$	34,55
$(PbCO_3)_2PbO_2H_2$	4,51

Es ist beachtenswerth, daß in dieser Patina das Verhältniß des Kupfers zu den anderen Metallen weit geringer als in der Bronze ist. Näheres über Patina und deren Bildung unter „Statuenbronze“ (vergl. 3. Beispiele von Legirungen).

In Kupfersilberlegirungen vermag, soweit die bis jetzt angestellten Beobachtungen reichen, das Kupfer wohl das Silber gegenüber einzelnen Agentien, nicht aber das Silber das Kupfer zu schützen, selbst wenn die Menge des Silbers bedeutend vorwiegt. Auch aus Legirungen mit 80 Proc. Silber und darüber löst Essigsäure noch Kupfer, ein Umstand, welcher bei Verwendung silberner, mit Kupfer legirter Geräthe im Haushalte alle Beachtung verdient; durch Kochen der Legirungen mit verdünnter Schwefelsäure wird der größte Theil des Kupfers aufgelöst und fast alles Silber bleibt zurück. Daß die Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Silber noch deutlicher bei kupferhaltigem als bei ganz reinem Silber erkennbar ist, wurde bereits erwähnt. Dasselbe überzieht sich mit einer anfangs gelblichen, dann braunen, schließlich blau werdenden Haut, es „läuft an“.

In Goldsilberlegirungen vermag das Gold, sofern es vorwiegt, die Einwirkung bestimmter Säuren auf das Silber abzuschwächen oder ganz aufzuheben. Während aus goldarmen Legirungen alles Silber durch Schwefelsäure ausgezogen werden kann (Verfahren der Goldscheidung), bleibt es unbeeinflußt, wenn die Menge des Goldes mehr als die Hälfte von dem des Silbers beträgt.

Verhältnißmäßig die meisten Untersuchungen liegen über das Verhalten der Bleizinnlegirungen gegenüber den Einflüssen von Säuren und Salzlösungen vor. Die Giftigkeit des Bleies bei der häufigen Verwendung von bleihaltigen Zinngefäßen im Haushalte und Verkehre gab dringende Veranlassung genug, die Widerstandsfähigkeit solchen bleihaltigen Zinns eingehender zu prüfen. Pleischl, Roussin, Reichelt u. A. haben nachgewiesen, daß aus allen bleihaltigen Zinnlegirungen, selbst wenn die Menge des Bleies nur 2 Proc. beträgt, durch Essigsäure, Kochsalzlösung oder ein Gemisch aus beiden Blei aufgelöst wird, dessen Menge allerdings mit dem Bleigehalte der Legirung wächst und von der Zeitdauer der Einwirkung abhängig ist. Auffallenderweise sollen einige bleireiche Legirungen, insbesondere nach Pohl eine solche aus 5 Thln. Zinn mit 12 Thln. Blei, oder nach Phlo eine solche aus 4 Thln. Zinn mit 9 Thln. Blei (also fast identisch mit der vorigen) sich widerstandsfähiger als bleiärmere Legirungen verhalten. Untersuchungen, welche von Knapp hierüber angestellt wurden, ergaben Folgendes.

Es wurden drei verschieden zusammengesetzte Legirungen der Prüfung unterzogen, bestehend aus

A. 30,8 Theilen Zinn mit 69,2 Theilen Blei (die erwähnte Legirung von Phlo).

B. 21 Theilen Zinn mit 79 Theilen Blei (entsprechend der Formel $SnPb_2$).

C. 80 Theilen Zinn mit 20 Theilen Blei.

Von diesen verhielt sich gegen destillirtes Wasser bei Luftzutritt die Legirung A am widerstandsfähigsten, während aus B und C eine verhältnißmäßig große Menge sogenannten Bleikalks (aus Blei, Kohlensäure und Wasser bestehend) abgesetzt wurde.

Von kaltem Essig wurde im Verlauf von sieben Tagen per 100 Quadratcentimeter Oberfläche der einzelnen Legirungen gelöst:

	Blei g	Zinn g	Summe g
aus Legirung A . . .	0,0677	0,0267	0,0944
" " B . . .	0,0773	0,0159	0,0932
" " C . . .	0,0027	0,0337	0,0364

so daß also die zinnreichste sich dieser Einwirkung gegenüber am widerstandsfähigsten, die Legirung von Phlo am wenigsten widerstandsfähig oder wenigstens nicht widerstandsfähiger verhielt als die noch bleireichere mit 79 Theilen Blei. Während auf dieselbe Menge Zinn die Legirung A etwa 9 mal so viel Blei enthält als C, giebt sie circa 26 mal so viel Blei als diese an Essig ab.

Durch kochenden Essig dagegen wurde im Verlauf einer Stunde gelöst:

	Blei g	Zinn g	Summe g
aus Legirung A . . .	0,0130	0,0032	0,0162
" " B . . .	0,0118	0,0055	0,0173
" " C . . .	0,0058	0,0100	0,0158

Der Unterschied in der Widerstandsfähigkeit der zinnreicheren Legirung gegenüber den beiden anderen wird also beim Kochen ganz erheblich verringert und die Legirung von Phlo zeigt sich hier, wenn man nur die Gesammtmenge des gelösten Metalls in Betracht zieht, fast ebenso widerstandsfähig wie die zinnreiche Legirung, während allerdings der gelöste Bleigehalt noch mehr als doppelt so groß ist als bei letzterer; im Uebrigen aber wird, wenn man die kurze Zeit der Einwirkung in Betracht zieht, erkennbar sein, wie beträchtlich der Angriff der Säure durch die höhere Temperatur verstärkt wird.

Durch Kochsalzlösung mit etwa 3,5 Proc. Salz wurde in der Kälte im Verlauf von sieben Tagen aus allen drei Legirungen nur Blei, kein Zinn gelöst und zwar per 100 Quadratcentimeter Oberfläche:

aus der Legirung A 0,0023 g Blei
" " " B Spur
" " " C 0,0499 " "

so daß hier merkwürdigerweise die bleiärmste Legirung die größte Menge Blei verliert.

In Siedhitze dagegen wurde von derselben Kochsalzlösung im Verlaufe einer Stunde auch Zinn gelöst und zwar per 100 Quadratcentimeter Oberfläche:

	Blei	Zinn	Summe
	g	g	g
aus der Legirung A . .	0,0078	0,0022	0,0100
„ „ „ B . .	0,0080	0,0012	0,0092
„ „ „ C . .	0,0036	0,0020	0,0056

Das Verhältniß ist mithin hier ein völlig anderes geworden; die zinnreichste Legirung hat den geringsten totalen Metallverlust, während allerdings im Verhältnisse zu ihrem Bleigehalte verhältnißmäßig viel desselben aufgelöst ist.

Die Ergebnisse der Versuche beweisen, wie sehr die Widerstandsfähigkeit einer und derselben Legirung von der Beschaffenheit der Einwirkungen und der Temperatur, bei welcher diese vor sich gingen, abhängig sind.

Mit einer zahlreicheren Reihe von Bleizinnlegirungen stellte R. Weber Untersuchungen hinsichtlich ihres Verhaltens gegen Essig an. Es zeigte sich, daß die Legirungen im Allgemeinen um so stärker angegriffen wurden, je größer ihr Bleigehalt war, ohne daß irgend eine Ausnahme von dieser Regel bei irgend einer bleireicheren Legirung — wie Pohl und Phlo annahmen — sich erkennbar gemacht hätte; daß ein Antimongehalt der Legirung nicht den Angriff des Essigs hinderte; und daß, wenn der Essig mit $1/4$ seines Volums Weinsäure von demselben Sättigungsgrade vermischt wurde, die Menge des aufgelösten Metalls sich auf mehr als das Vierfache steigerte.

In Deutschland dürfen Gefäße, welche zum Messen ꝛc. von Flüssigkeiten bestimmt sind, nicht mehr als 1 Theil Blei auf 5 Theile Zinn enthalten.

3) Beispiele und Herstellung technisch verwendeter Legirungen.

Aus den zahllosen Combinationen, die sich durch Zusammenstellung der einzelnen Metalle in verschiedener Zahl und verschiedenen Gewichtsverhältnissen bilden lassen, tritt uns eine engere Zahl Gruppen solcher Legirungen entgegen, welche als technisch verwendbar sich bewährt haben. Aber auch innerhalb dieser Gruppen ist der Spielraum für die Zusammensetzung der Legirungen noch ein unendlich großer; und so erklärt es sich leicht, daß noch alljährlich neue Vorschriften für die Zusammensetzung von Legirungen zu diesem oder jenem besonderen Zwecke oder auch für allgemeinere Benutzung auftauchen.

Wenn es nun auch bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft noch unmöglich ist, bei der Vereinigung verschiedener Metalle zu bisher unbekannten Legirungen stets mit Sicherheit und genau vorauszusagen, welche Eigenschaften die Legirung besitzen, welche Veränderungen der Zusatz dieses oder jenes Metalls hervorbringen wird, so giebt uns doch andererseits unsere Kenntniß von den Eigenschaften bestimmter Reihen von Legirungen, wie sie in Früherem geschildert wurden, ein Mittel an die Hand, weitergehende Schlüsse zu ziehen und somit auch bei Herstellung neuer Legirungen planmäßig vorzugehen, statt den Erfolg blind in einem willkürlich gewählten Versuche zu erwarten.

Wir wissen, daß durch Legirung die Dehnbarkeit eines dehnbaren Metalls fast immer vermindert, die Schmelztemperatur mindestens unter diejenige des strengflüssigsten, bisweilen aber auch sämmtlicher in der Legirung anwesender Metalle erniedrigt, das Leitungsvermögen für Wärme und Elektricität regelmäßig erheblich abgeschwächt wird; daß umgekehrt häufig die Festigkeit der Metalle durch Zusatz kleinerer Mengen eines anderen Metalls gesteigert werden kann und daß mit der Festigkeit auch die Elasticität zuzunehmen pflegt, daß aber hierbei ebenso häufig rasch eine Grenze erreicht wird, wo die Festigkeit wieder abnimmt und das Metall außerordentlich spröde wird, daß jedoch die Festigkeit und insbesondere Zähigkeit vieler, insbesondere der in höherer Temperatur schmelzenden, Metalle schon durch kleine Mengen Antimon, Wismuth oder auch Blei erheblich vermindert werden kann; und daß ferner in fast allen Fällen die Härte der Legirung bedeutender ist als diejenige der Einzelmetalle. Wir wissen ferner, daß einzelne Metalle auf die Eigenschaften anderer intensiver, andere weniger intensiv einwirken; daß z. B. Zinn, Mangan, Eisen, Aluminium, Chrom, Wolfram raschere Steigerungen der Härte, Festigkeit, aber auch häufig der Sprödigkeit hervorbringen, als die gleichen Mengen Zink, Nickel u. a.; daß eine Erniedrigung des Schmelzpunktes am leichtesten durch die Metalle Zinn, Blei, Wismuth, Cadmium zu erreichen ist; daß auf die Farbe der Legirungen das eine Metall stärker, das andere weniger stark einwirkt, wie es a. S. 53 geschildert wurde.

Mitunter aber sollen durch die Legirung nicht allein unmittelbar die physikalischen Eigenschaften eines Metalls beeinflußt, sondern es sollen auch chemische Einwirkungen ausgeübt werden, durch welche dann allerdings wieder eine Rückwirkung auch auf die physikalischen Eigenschaften einzutreten pflegt. Hierher gehört vorzugsweise die Zerstörung vorhandener im Metalle gelöster Oxyde oder, allgemeiner ausgedrückt, Entfernung vorhandenen Sauerstoffs. Manche Metalle — vor allen das Kupfer, auch Zinn u. a. — besitzen die Eigenschaft, beim Schmelzen in Berührung mit freiem Sauerstoff oder Kohlensäure Oxyde zu bilden, welche ganz oder theilweise im Metallbade löslich sind. Durch die Aufnahme dieser Oxyde aber pflegen die Eigenschaften des betreffenden Metalls, insbesondere die Festigkeit, Zähigkeit sowie die für die Verwendung zur Gießerei erforderlichen Eigenschaften (Dünnflüssigkeit u. a.) merklich verschlechtert zu werden. Andere Metalle, z. B. Silber, lösen im geschmolzenen Zustande Sauerstoff, der beim Erstarren wieder Gasform annimmt und in Folge davon das Metall in einem mit Gasblasen durchsetzten Zustande zurückläßt oder gar die Erscheinung des sogenannten Spratzens hervorruft. Legirt man nun ein solches Metall mit einem anderen (beziehentlich auch mit einem Metalloide), welches leichter oxydirbar (schwerer reducirbar) ist, dessen Oxyde aber nicht löslich in dem Metallbade sind, und welches nicht etwa in gleichem oder gar noch stärkerem Maße als der vorhandene Sauerstoff die Eigenschaften des ersten Metalls benachtheiligt, so wird durch die eintretende Zerstörung der gelöst gewesenen Oxyde, beziehentlich die chemische Bindung des gelösten Sauerstoffs, offenbar eine Verbesserung der Beschaffenheit des Metalls herbeigeführt werden. Solche als Reductionsmittel für leichter reducirbare Oxyde benutzte Körper sind Mangan, Phosphor; sehr nützlich würde zweifellos bei vielen Legirungen ein Magnesiumzusatz wirken können,

welcher bei der Nickelverarbeitung thatsächlich zu glänzenden Erfolgen verhilft, wenn nicht der hohe Preis dieses Metalls seiner ausgedehnteren Anwendung eine Grenze steckte; Aluminium, Eisen, Zink wirken ebenfalls reducirend auf manche Metalloxyde, insbesondere auf Kupferoxydul und jedenfalls beruht wohl der günstige Einfluß, der durch Legirung gewisser Mengen dieser Metalle mit dem Kupfer auf die Festigkeit u. s. w. desselben ausgeübt wird, wenigstens zum Theil auf der stattfindenden Ausscheidung des Sauerstoffs.

Gewöhnlich bildet in den Legirungen ein bestimmtes Metall den eigentlichen Grundbestandtheil, dazu bestimmt, der Legirung die für die jedesmalige Bestimmung derselben hauptsächlich erforderlichen Eigenschaften zu verleihen (Festigkeit, Farbe, Preis u. a.); und ein oder mehrere Neben- oder Legirungsmetalle werden nun mit diesem Grundmetalle vereinigt, um andere, für die Verwendung des Gebrauchsgegenstandes nützliche oder für die Verarbeitung förderliche Eigenschaften hervorzurufen (Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung, billiger Preis, Dünnflüssigkeit beim Gießen u. s. w.). Dabei ist durchaus nicht erforderlich, daß das Grundmetall quantitativ vorwiege, sofern nur die Intensität seines Einflusses auf die Beschaffenheit der Legirung groß genug ist, daß es seine für den betreffenden Zweck erforderlichen charakteristischen Eigenschaften in ausreichendem Maße auf die Legirung übertrage.

Bei der **Herstellung von Legirungen** kann man in zweierlei Weise verfahren. Bei der einen Methode werden die Erze, welche die zu legirenden Metalle enthalten, gemeinschaftlich einem Reductionsprocesse unterworfen, um solcherart ohne Weiteres sogleich die fertige Legirung zu bilden; oder auch, wie es vor Kurzem noch hier und da für Messingdarstellung üblich war, man schmilzt ein bereits fertiges Metall mit einem Erze oder oxydischen Ofenbrüchen unter reducirenden Einflüssen. Höchst wahrscheinlich war diese Methode die in den Anfängen der Metallverarbeitung ausschließlich benutzte; Thatsache ist es, daß wenigstens manche Metalle, vor allen das Zink, weit früher in Legirungen Verwendung fanden, als man sie im metallischen Zustande darzustellen lernte. Man kannte häufig sehr wohl die Einflüsse, welche die Anwesenheit eines fremden Metalls in einem anderen, z. B. im Kupfer, ausübte, und die Mittel, diese Einflüsse hervorzurufen, war sich aber der eigentlichen Ursache derselben nicht bewußt.

Bei der zweiten, jetzt fast ausschließlich benutzten, Methode werden die fertigen Metalle im flüssigen Zustande mit einander vermischt, sei es, daß man sie gemeinschaftlich in einem und demselben Apparate einschmilzt, sei es, daß man sie getrennt schmilzt und erst dann mit einander vereinigt, oder auch, daß man das eine noch starre Metall in dem anderen, schon geschmolzenen und entsprechend überhitzten Metalle auflöst.

Erwägt man nun, daß die Legirungen als Lösungen der Metalle in einander zu betrachten sind, und daß die Löslichkeit des einen Metalls in einem anderen eine verschiedene ist, das eine Metall sich leicht, das andere sich schwierig in einem zweiten löst, Eigenthümlichkeiten, wie sie sich ja auch in dem Verhalten anderer Körper gegen einander beobachten lassen; erwägt man, daß die Beschaffenheit einer bestimmten Legirung in erster Reihe von der vollständigen Gleich-

mäßigkeit der Vertheilung der Metalle unter einander abhängt[1]), daß aber auch, wenigstens in einzelnen Fällen, höchst wahrscheinlich die Anwesenheit chemischer Verbindungen der Metalle unter einander, zu deren Bildung erst gewisse Bedingungen hinsichtlich der Temperatur u. s. w. erfüllt werden müssen, bestimmte Eigenschaften der Legirungen hervorruft, so wird man es erklärlich finden, daß mitunter zwei Legirungen von scheinbar gleicher Zusammensetzung abweichende Eigenschaften besitzen können, und daß es bei der Herstellung der Legirungen besonderer Rücksichtnahme auf dieses Verhalten flüssiger Körper im Allgemeinen und der geschmolzenen Metalle im Besonderen bedarf, wenn man nicht an Stelle einer einzigen, gleichmäßigen Legirung ein mechanisches Gemenge mehrerer verschieden zusammengesetzter Legirungen oder gar nicht legirter Einzelmetalle erhalten will. Von diesem Gesichtspunkte aus wird man verschiedene bei der Herstellung bestimmter Legirungen benutzte Kunstgriffe zur Erreichung einer besseren Beschaffenheit recht wohl gerechtfertigt finden können, welche, aus der Praxis hervorgegangen und von Praktikern mitunter als Geheimverfahren betrachtet, auf den ersten Blick vielleicht als vollständig nutzlos erscheinen. Wenn auch diese Kunstgriffe naturgemäß bei verschiedenen Legirungen verschieden sind, so lassen sich doch immerhin auch gewisse allgemeine Regeln für die Bereitung der Legirungen aus Einzelmetallen feststellen.

1. Die Erzielung einer gleichmäßigen Lösung der zu legirenden Metalle in einander wird durch längeres Flüssigerhalten, öfteres starkes Rühren und unter Umständen wiederholtes Umschmelzen befördert. Dieser Einfluß des mehrmaligen Umschmelzens ist die Ursache, weshalb Metallgießer häufig mit Vorliebe gebrauchtes Metall ihrer frisch bereiteten Legirung zusetzen. Je häufiger aber eine Legirung dem Umschmelzen unterworfen wird, desto stärker ist sie den unvermeidlichen Einflüssen der Oxydation ausgesetzt, desto stärker ist entweder der „Abbrand“ oder desto mehr Oxyde werden vom Metallbade gelöst, die Qualität der Legirung in der schon früher erwähnten Hinsicht beeinflussend. Allzu häufig umgeschmolzene Legirungen pflegen dickflüssig und schließlich völlig unbrauchbar zu werden.

2. Sollen Metalle legirt werden, deren Schmelzpunkte nicht sehr weit aus einander liegen, so werden sie am geeignetsten gemeinschaftlich in einem und demselben Ofen und Gefäße (Tiegel, Kessel) eingeschmolzen, um schon bei dem Schmelzen selbst sich mit einander zu vereinigen.

3. Sollen größere Mengen eines in hoher Temperatur schmelzenden Metalls mit geringeren Mengen eines leichtschmelzenden legirt werden (z. B. Kupfer mit geringeren Mengen Zinn), so empfiehlt es sich, besonders beim Schmelzen auf offenem Herde ohne Tiegel, zunächst das schwerer schmelzende in Fluß zu bringen;

---

[1]) Daß zwei Flüssigkeiten, auch wenn sie sehr leicht in einander löslich sind, sich keineswegs so rasch und gleichmäßig durchdringen, als man hinsichtlich der geschmolzenen Metalle mitunter annimmt, läßt sich unschwer beobachten. Man gieße z. B. etwas gefärbte starke Zuckerlösung in ein Glas Wasser; wie verhältnißmäßig stark und anhaltend muß man rühren, ehe vollständig gleichmäßige Vertheilung erreicht ist. Die Metalle aber verhalten sich nicht anders; je schwerer löslich sie in einander sind und je größer der Unterschied ihrer specifischen Gewichte ist, desto schwieriger und langsamer tritt eine gleichmäßige Durchdringung ein.

dann das andere vorher angewärmte Metall (beim Einwerfen kalter Metallstücke in flüssiges Metall entstehen leicht gefährliche Explosionen, vermuthlich in Folge eines plötzlichen Entweichens an der Oberfläche und in den Poren des kalten Metalls verdichteter Gase) in demselben zu lösen, und nun durch längeres Flüssigerhalten und Rühren eine gleichmäßige Mischung herbeizuführen.

Nur wenn das leichter schmelzende Metall in der Schmelztemperatur des ersteren flüchtig ist (Zink), kann es mitunter, besonders beim Schmelzen in Tiegeln, zweckmäßig erscheinen, beide Metalle gemeinschaftlich in unmittelbarer Berührung mit einander (nach Verfahren 2) einzuschmelzen, theils, weil die Schmelztemperatur der Legirung niedriger zu liegen pflegt, als diejenige der strengflüssigsten der beiden Metalle, somit auch die Erhitzung weniger stark zu sein braucht, außerdem auch, weil das legirte Metall weniger flüchtig ist als das freie und man somit in doppelter Hinsicht die Verflüchtigung erschweren kann, wenn man durch gemeinschaftliches Einschmelzen eine rasche Vereinigung in niedrigerer Temperatur ermöglicht.

4. Sollen dagegen größere Mengen eines leichter schmelzenden Metalls mit geringen Mengen eines in hoher Temperatur schmelzenden legirt werden (z. B. viel Zinn mit wenig Kupfer), so würde, wenn man beide Metalle gemeinschaftlich einschmelzen wollte, zur Erzielung einer gleichmäßigen Vereinigung eine Temperatur nothwendig sein, welche erheblich den Schmelzpunkt der fertigen Legirung überstiege und somit Veranlassung theils zu einer stärkeren Oxydation, theils zu einem unnöthigen Brennstoffaufwande geben müßte. Man pflegt deshalb in solchen Fällen zunächst einen Theil des leichter schmelzenden Metalls mit der gesammten Menge des schwerer schmelzenden durch Zusammenschmelzen nach Methode 2 oder 3 zu legiren und nun diese in niedrigerer Temperatur als das strengflüssigere Einzelmetall schmelzende Legirung in einem zweiten Schmelzen mit dem Reste des leichtflüssigeren Metalls zu vereinigen.

5. Aehnlich, als soeben beschrieben wurde, kann man verfahren, wenn drei Metalle von erheblich abweichenden Schmelzpunkten legirt werden sollen. Es sei

A ein Metall von sehr hohem Schmelzpunkte (z. B. Nickel);
B „ „ „ mittlerem „ („ „ Kupfer);
C „ „ „ niedrigem „ („ „ Zink).

Man legirt zunächst die eine Hälfte von B mit A, die andere Hälfte mit C und erzeugt solcherart zwei Legirungen, deren Schmelzpunkte weniger weit aus einander liegen als diejenigen der Metalle A und C; durch ein zweites Schmelzen werden nun diese Legirungen vereinigt.

6. Starkes Ueberhitzen der gebildeten Legirung über ihren Schmelzpunkt kann in einzelnen Fällen die Entstehung gleichmäßigerer Lösungen der Metalle in einander, auch muthmaßlich die Entstehung wirklicher chemischer Verbindungen befördern. Ob die letztere aber für die Beschaffenheit der Legirung zweckdienlich oder nachtheilig ist, wird nicht in allen Fällen gleich sein.

Das Schmelzen der Metalle behuf ihrer Vereinigung zu Legirungen geschieht in den im zweiten Abschnitte unter „Gießerei“ besprochenen Schmelzapparaten.

Legirungen, deren Schmelzpunkt nicht erheblich höher als 400° C. liegt, pflegen in Kesseln geschmolzen zu werden; die meisten übrigen in Tiegeln. Zum Schmelzen sehr großer Mengen Metall jedoch benutzt man wohl Herdflammöfen, auf deren freiem Herde das Schmelzen vorgenommen wird, obschon aus nahe liegenden Gründen die Anwendung derselben um so weniger zweckmäßig erscheinen muß, je leichter oxydirbar oder leichter flüchtig einzelne der Metalle sind; Schachtöfen ohne Tiegel, in welchen das Metall der Berührung des Brennstoffs ungeschützt preisgegeben ist, finden trotz der ihnen eigenthümlichen günstigeren Wärmeausnutzung nur sehr ausnahmsweise Verwendung, da in den meisten Fällen jene directe Berührung des schmelzenden Metalls mit den Brennstoffen wie mit dem noch unverzehrten Sauerstoff des eintretenden Gebläsewindes Nachtheile mit sich bringt, die bei Besprechung dieser Oefen im zweiten Abschnitte ausführlichere Erörterung finden werden.

Kupferlegirungen.

Das Kupfer bildet hier den Bestandtheil der Legirung, welcher derselben hauptsächlich Festigkeit, neben derselben häufig Dehnbarkeit und in manchen Fällen als wichtige Eigenschaft Farbe neben verhältnißmäßig großer Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen, insbesondere atmosphärilischen Einflüssen verleiht; durch Zusatz anderer Metalle erhöht man die Schmelz- und Gießbarkeit, steigert in vielen Fällen die Festigkeit und Elasticität, in allen Fällen die Härte und mit derselben die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einflüsse.

Unter diesen Metallen tritt uns zunächst das Zinn entgegen. Die Tabellen auf Seite 35 und 40 zeigen uns, in wie bedeutendem Maße die Festigkeitseigenschaften und Härte des Kupfers schon durch verhältnißmäßig kleine Mengen von Zinn gesteigert werden können. Fast häufiger noch erscheint an Stelle des Zinns, nicht selten auch mit demselben zugleich, das Zink. Dieses Metall hat zunächst vor jenem den Vorzug der größeren Billigkeit (Preisverhältniß 1 : 5 bis 1 : 6); da aber die Intensität der Einwirkung des Zinks auf die Härte, Farbe u. s. w. des Kupfers eine erheblich schwächere ist, als diejenige des Zinns, so kann man, ohne ein Uebermaß von Härte in der Legirung hervorzurufen, derselben einen größeren Gehalt von Zink verleihen, erhält somit eine an Kupfer ärmere und auch aus diesem Grunde billigere Legirung; denn die Preise des Kupfers und Zinks pflegen sich annähernd wie 4 : 1 zu verhalten. Die Kupferzinklegirungen haben vor den Kupferzinnlegirungen den anderen Vortheil, nicht zu saigern; sie sind im kalten Zustande leichter als diese durch Hämmern, Pressen, Walzen, Ziehen verarbeitbar; das Zink wirkt im geschmolzenen Zustande der Legirung reducirend auf gelöstes Kupferoxydul, ohne daß, soweit die bis jetzt angestellten Beobachtungen reichen, das entstehende Zinkoxyd in dem gleichen Maße als Kupferoxydul löslich ist; es entsteht eine dünnflüssigere und, bei dem größeren Zinkgehalte, auch in niedrigerer Temperatur schmelzbare, somit für die Verarbeitung durch Gießen bequemere Legirung; die Zinklegirungen ermöglichen außerdem, zumal wenn neben dem Zink etwas Zinn mit dem Kupfer legirt ist, die zahlreichsten

Nüancirungen der Farbe vom Roth des Kupfers bis zum täuschend ähnlichen Goldgelb und endlich dem reinen Messinggelb. Dagegen besitzen die Kupferzinklegirungen niemals die Härte und außerordentlich große Festigkeit der Kupferzinnlegirungen; und wo daher die Hervorrufung dieser Eigenschaften der Hauptzweck der Legirung ist, da ist ein Zinkzusatz nicht am Platze.

Als viertes Metall erscheint mitunter, zwar kaum jemals mit dem Kupfer allein legirt, wohl aber neben dem Zinn oder Zink, das Blei. Häufig mag dasselbe unabsichtlich in die Legirung geführt sein, ist doch das käufliche Zink selten ganz bleifrei; in größeren Mengen aber wird es auch absichtlich der Legirung zugesetzt. Abgesehen von der durch das Eintreten eines vierten leichtflüssigen Metalls in die Legirung bewirkten Erniedrigung des Schmelzpunktes derselben beabsichtigt man bisweilen durch den Bleizusatz besondere Einflüsse auf die Färbung und Patinabildung (vergl. Patina auf S. 55 sowie unten: Statuenbronze) der Legirung hervorzurufen; die Festigkeit derselben aber wird durch den Bleizusatz verringert, die Sprödigkeit erhöht. Gerade diese letztere Einwirkung jedoch ist seltsamerweise mitunter die Veranlassung, den Kupferzinn- oder Kupferzinklegirungen einen geringen Bleizusatz zu geben, sofern die daraus hergestellten Gegenstände, welche freilich nicht auf außerordentliche Festigkeit oder Dehnbarkeit in Anspruch genommen werden dürfen, durch schneidende Werkzeuge — Meißel, Feile u. a. m. — bearbeitet werden sollen. Die bei dieser Bearbeitung entstehenden Metallspäne brechen nämlich, wenn das Metall fest, zäh und verhältnißmäßig weich ist, schwer ab, legen sich an die Schneiden des Werkzeugs, pressen sich bei der Feile in die Vertiefungen (den Hieb) und beeinträchtigen solcherart die Wirksamkeit des Werkzeugs (das Metall „schmiert“); die durch den Bleizusatz hervorgerufene größere Sprödigkeit der Legirung verhindert diesen Vorgang und macht dadurch die Legirung leichter bearbeitbar durch die genannten Werkzeuge.

Endlich giebt man den Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen bisweilen kleinere Zusätze von Eisen oder Mangan. Die Gründe hierfür können verschiedene sein. Mitunter kann die Absicht vorliegen, eine Legirung mit geringerem Zinngehalte, also weniger hart und — bei Eisenzusatz — weniger kostspielig, aber von größerer Festigkeit als die reinen Kupferzinklegirungen zu bilden (vergl. Festigkeit des eisenhaltigen Kupfers a. S. 38); oder man will — besonders durch einen Manganzusatz — reducirende Einflüsse auf vorhandenes Kupferoxydul üben und in dieser Weise die Qualität der Legirung beeinflussen; oder man will bestimmte Farbentöne hervorrufen. Schon Plinius erwähnt, daß man beim Statuenguß einen Eisenzusatz anwende, wenn es sich darum handele, Todtenblässe anzudeuten. Immerhin legirt sich das Eisen nur schwierig gleichmäßig mit Kupfer, und Mangan ist ohnehin ziemlich kostspielig, Grund genug, daß die Anwendung dieser Metalle in den eigentlichen Kupferlegirungen eher zu den Ausnahmen als zur Regel gehört.

Von der Anwendung des Phosphors in den Kupferlegirungen wird unter der Ueberschrift „Phosphorbronze“ ausführlicher die Rede sein.

Bronzen.

Man versteht unter dieser Bezeichnung Kupferzinnlegirungen mit vorwiegendem Kupfergehalte, in denen sich jedoch neben dem Zinn nicht selten Zink, sowie kleinere Mengen von Blei, Eisen, Mangan u. a. Metallen finden.

Gemäß den früher geschilderten Einflüssen eines Zinngehalts auf die Eigenschaften des Kupfers sind **Festigkeit** und **Härte** die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Bronze; diese Eigenschaften, insbesondere die Härte, wachsen im Allgemeinen mit dem Zinngehalte, welcher selten über 20 Proc., kaum jemals über 30 Proc. hinausgeht; zugleich aber verringern sich die Dehnbarkeit und die mit derselben nahe verwandte Eigenschaft der Zähigkeit.

Die Bronzen finden ihre hauptsächlichste Verarbeitung durch Gießen; nur die kupferreichsten, mit weniger als 6 Proc. Zinn, sind in der Kälte, mit weniger als 15 Proc. Zinn in Rothgluth durch Einwirkung mechanischer Kräfte bearbeitbar.

Die eigenthümlichen Einflüsse des Erhitzens und Ablöschens auf die Härte der Bronzen mit 18 bis 22 Proc. Zinn wurden bereits a. S. 40 ausführlich besprochen.

Schon vielen vorhistorischen Völkern war die Bronze bekannt [1]), und bekanntlich unterscheiden noch heute manche Archäologen eine frühere Bronze- von einer späteren Eisenzeit, dabei von der Annahme ausgehend, daß die Bronze regelmäßig früher als das Eisen den Menschen bekannt gewesen sei. Auch wenn wir die Richtigkeit dieser Annahme dahin gestellt sein lassen, so ist es doch nicht zu bezweifeln, daß, so lange man nicht gelernt hatte, das Eisen erheblich billiger als die Bronze darzustellen, letztere, welche vor dem Eisen des Alterthums noch den großen Vortheil der Gießbarkeit voraus hatte, die Anwendung desselben auf ein sehr kleines Maß beschränkt haben wird.

Die Herstellung der Bronze geschah in jenen ältesten Zeiten wohl häufig durch Verschmelzen zinnführender Kupfererze; in der Jetztzeit bewirkt man sie ohne Ausnahme durch Legirung der fertigen Metalle. Kleinere Mengen schmilzt man im Tiegel, größere im Herdflammofen ohne Tiegel (vergl. im zweiten Abschnitte die Abbildung des Herdflammofens für Bronzeschmelzen der Königlichen Geschützgießerei in Spandau). Bei dem letzteren Verfahren wird regelmäßig, bei dem ersteren häufig das Kupfer als das strengflüssigere Metall zuerst in Fluß gebracht und dann das Zinn, beziehentlich auch die übrigen Metalle in demselben aufgelöst. Sollen mehrere Metalle (Zink, Blei) zugesetzt werden, so dürfte es sich empfehlen, diese zunächst zu einer Legirung zu vereinigen, welche dann dem geschmolzenen Kupfer hinzugefügt wird; oder man legirt auch wohl von vornherein einen kleineren Theil des Kupfers mit jenen Metallen, um eine etwas strengflüssigere Legirung zu erhalten, und setzt diese dann zu dem Kupfer.

---

[1]) Die in den Schriften der Alten vielfach benutzte Bezeichnung „Erz, ehern“ bedeutet nichts Anderes als Bronze, bronzen.

Geschützbronze.

Dieselbe soll ein möglichst großes Maß von Festigkeit, Zähigkeit und Härte besitzen. Hierdurch ist ein Zusatz größerer Mengen eines anderen Metalls als Zinn von vornherein ausgeschlossen. Da aber bei steigendem Zinngehalte die Zähigkeit der Legirung verhältnißmäßig rasch abnimmt, so erklärt es sich, daß die zulässige Grenze desselben früher erreicht wird als nach der auf S. 35 gegebenen Tabelle dem Maximum der Festigkeit entsprechen würde. Erfahrungsgemäß betrachtet man 9 bis 10 Proc. Zinngehalt als den geeignetsten für Geschützguß, und es besteht demnach die Geschützbronze gewöhnlich aus

90 bis 91 Theilen Kupfer,
10 „ 9 „ Zinn.

In einigen Ländern setzt man, um die Saigerung der Geschützbronze zu erschweren, auch wohl, um Kupferoxydul zu reduciren und dadurch die Güte der Bronze zu verbessern, und um die Gießbarkeit zu erhöhen, kleine Mengen (1 bis 1,5 Proc.) Zink hinzu (vergl. die Analyse einer französischen Geschützbronze auf Seite 8); daß ein größerer Zinkzusatz durch Beeinträchtigung der Festigkeit und Härte sich als nachtheilig erweisen würde, wurde bereits erwähnt.

In anderen Fällen benutzt man zur Reduction des gelösten Kupferoxyduls nebst Zinnoxyds einen Zusatz kleiner Mengen Phosphors (als Phosphorkupfer oder Phosphorzinn) oder Mangan (als Mangankupfer). Näheres hierüber unter der Ueberschrift: „Phosphorbronze“ und „Manganbronze“.

Natürlicherweise findet man bei Untersuchung der Geschützbronzen aus früheren Zeiten oder aus fremden Ländern mitunter nicht unerhebliche Abweichungen von der oben mitgetheilten Zusammensetzung einer normalen Geschützbronze. Z. B.

	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Antimon	Arsen
Persische Kanone, 1677 gegossen, 1828 von den Engländern bei Bhurtpoor erobert; an den Zapfen .	86,1	4,6	—	9,1	—	—	0,1
an der Mündung .	81,7	3,3	—	15,1	—	—	Sp.
(Die Zusammensetzung läßt die bedeutende Saigerung erkennen.)							
Chinesische Kanone, in den Kriegen Englands mit China erobert, hellfarbig	61,2	1,3	33,5	3,5	0,4	—	—
Desgleichen, schwarz von Farbe	95,8	0,2	1,7	0,7	0,2	1,5	—

Glockenbronze.

Bei dieser sind der Klang — hervorgehend aus einer Vereinigung von großer Härte mit einem gewissen Maße von Elasticität — und Widerstandsfähigkeit gegen Zerspringen die Haupterfordernisse. Zur Hervorrufung dieser Eigenschaften ist ein größerer Zinngehalt als für die Geschützbronze erforderlich. Die meisten Glocken enthalten 20 bis 25 Proc. Zinn, die kleineren Glocken gewöhnlich mehr, die größeren weniger. Daneben finden sich nicht selten — gewöhnlich unabsichtlich — kleinere Mengen von Zink, Blei, Eisen und anderen Metallen. Ein absichtlicher Zusatz eines dritten Metalls zu der Kupferzinnlegirung würde zwecklos sein, da die Beschaffenheit der Glocke nur dadurch beeinträchtigt werden könnte.

Beispiele von Glockenbronze.

	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Silber	Nickel
Thurmglocke aus Ziegenhain (Reichert)	71,48	23,59	—	4,04	—	0,12	—
Thurmglocke aus Darmstadt, 1670 von Peter Enomy gegossen (Keyl)	73,94	21,67	—	1,19	0,17	—	2,11
Thurmglocke aus Lincoln aus dem Jahre 1610	74,7	23,1	Spur	1,16	Spur	—	0,6
Zersprungene Thurmglocke der Johanniskirche in Wernigerode (vom Verf. untersucht)	72,5	23,7	Spur	1,8	Spur	—	—
Schöpfprobe v. einem Glockengusse bei J. C. Grosse in Dresden (vom Verfasser untersucht)	79,4	18,4	—	1,0	—	—	—
Iserlohner Hausthürglocken nach Bischoff	71,4	26,4	2,1	—	—	—	—
Pariser Uhrglocken nach Berthier	72,0	26,5	—	—	—	—	—

In die Kategorie der Glockenbronzen gehört auch das Material der chinesischen Gong-Gongs oder Tamtams, flacher, lauttönender Metallbecken, welche mit hölzernen Klöppeln geschlagen werden. Dieselben enthalten durchschnittlich 20 Proc. Zinn und 80 Proc. Kupfer. Der Augenschein lehrt, daß dieselben

durch Hämmern ihre Form erhalten haben, ein Umstand, der bei der bekannten Härte und Sprödigkeit 20 procentiger Bronze zu mannigfachen Vermuthungen über die Anfertigungsmethode derselben Veranlassung gegeben hat. Wie Riche jedoch durch Versuche nachwies, ist diese Legirung bei Dunkelrothglühhitze oder wenig darunter schmiedbar wie Eisen, so daß sich gegossene Blöcke von 14 mm Stärke bis auf 1 oder 2 mm Stärke ausstrecken lassen; in allen anderen Temperaturen dagegen, sowohl in der Kälte als bei 100°, 200° und in Kirschrothgluth so spröde, daß es durch Schläge in Pulver verwandelt werden kann. Der Kunstgriff der Chinesen bei Herstellung jener Instrumente beruht also lediglich auf der Benutzung jener Temperatur.

Spiegelbronze.

Zur Anfertigung von Metallspiegeln, wie sie im Alterthume ausschließlich benutzt wurden, jetzt noch für Teleskope ꝛc. Verwendung finden, ist ein Metall erforderlich, welches einen hohen Grad von Politur anzunehmen fähig ist. Außer Gold und Silber, welches von den Römern der späteren Zeit benutzt wurde, bildet zinnreiche Bronze das geeignetste Material. Der Zinngehalt muß 30 bis 32 Proc. betragen; Zink darf nur in kleinen Mengen zugegen sein; wohl aber wirkt ein geringer Gehalt von Nickel oder Arsen günstig auf Erzielung einer weißen Farbe. In den Spiegeln der Alten findet man mitunter beträchtliche Mengen Blei; in chinesischen Metallspiegeln Antimon.

Beispiele.

	Kupfer	Zinn	Nickel	Arsen	Antimon	Blei
Schöner Metallspiegel im physikalischen Cabinet des Polytechnikums zu Braunschweig	65,1	32,8	—	—	—	—
Teleskopenspiegel nach Mudge	68,8	31,2	—	—	—	—
Edward's Spiegelmetall	64	32	—	4	—	—
Sollit's Spiegelmetall	64,6	31,3	4,1	—	—	—
Römischer Metallspiegel, bei Mainz gefunden	63,4	19,0	—	—	—	17,3
Chinesischer Metallspiegel nach Elsner	80,8	—	—	—	8,4	9,7

Statuen-, Ornament- und Münzenbronzen.

Bei den in die Gruppe der Statuen- und Ornamentbronzen gehörigen Legirungen kommt es nicht gerade auf eine außergewöhnlich große Festigkeit an, sondern es genügt ein mittleres Maß derselben; die Härte soll zwar beträchtlich sein, damit der Gebrauchsgegenstand mechanischer Abnutzung kräftig widerstehe, darf aber jenes Maß nicht erreichen, wo die Legirung aufhört, durch schneidende Werkzeuge bearbeitbar zu sein; eine Hauptbedingung dagegen ist die Erzielung einer schönen Farbe, Leichtgießbarkeit (niedrige Schmelztemperatur, Dünnflüssigkeit) und — wenigstens bei denjenigen Bronzen, welche der Witterung ausgesetzt sind — eine solche Zusammensetzung, welche die Entstehung einer schönen Patina (vergl. Seite 55) befördert. Man fügt also Zink hinzu, erreicht dadurch die oben erläuterten Vortheile hinsichtlich der Farbe, des Schmelzpunktes, der Dünnflüssigkeit, des Nichtsaigerns, der Billigkeit und befördert die Patinabildung; vielfach hält man auch den Zusatz kleiner Mengen von Blei für zweckmäßig, theils wohl in Rücksicht auf die Farbe, theils zur ferneren Erniedrigung der Schmelztemperatur oder zur Erleichterung der Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge (vergl. S. 64) und in einzelnen Fällen zur Hervorrufung einer dunkleren Patina.

Elster bezeichnet als Normalbronze für Statuenguß

Kupfer	$86^2/_3$	Proc.
Zinn	$6^2/_3$	„
Zink	$3^1/_3$	„
Blei	$3^1/_3$	„

d'Arcet dagegen empfiehlt

Kupfer	82 Theile	oder	78,4	Proc.
Zinn	3 „	„	2,9	„
Zink	18 „	„	17,2	„
Blei	$1^1/_2$ „	„	1,5	„

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die d'Arcet'sche Bronze weniger hart und deshalb auch weniger widerstandsfähig gegen Abnutzung, dagegen nicht unerheblich billiger sein wird als die von Elster empfohlene.

Andere Metalle, welche bei der Untersuchung von Statuenbronzen und Ornamentbronzen gefunden werden, verdanken ihre Anwesenheit fast ausnahmslos einem Zufalle, vor Allem einer Unreinheit der verwendeten Metalle. Es ist deshalb leicht erklärlich, daß die Menge solcher fremden Metalle im Allgemeinen um so größer ist, einer je älteren Zeitperiode die Bronzen entstammen.

Bei den Bronzen des Alterthums findet sich erst in den römischen Bronzen ein Zinkgehalt von solcher Menge, daß man auf einen absichtlichen Zusatz desselben schließen darf; griechische Bronzen und solche aus vorhistorischer Zeit enthalten nur sehr selten größere Mengen von Zink.

Eine fast noch größere Abweichung in der Zusammensetzung als bei den Statuen- und Ornamentbronzen findet man unter den Münzenbronzen. Denn

hierbei kommt die verschiedene Methode der Anfertigung der Münzen erheblich mit in Betracht. Reines Kupfer ist zwar außerordentlich dehnbar und läßt sich deshalb durch Prägen mit Leichtigkeit verarbeiten; aber es ist weich, der Abnutzung unterworfen. Deshalb pflegt man auch in den modernen Kupferscheidemünzen das Kupfer mit gewissen Mengen Zinn, beziehentlich auch Zink zu legiren; weit reicher an diesen Metallen pflegen antike Münzen zu sein, besonders wenn sie durch Gießen hergestellt wurden; auch der Bleigehalt derselben ist oft beträchtlich.

Beispiele.

Statuenbronzen aus alter und neuer Zeit	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Antimon
Löwe auf dem Burgplatze in Braunschweig (12. Jahrhundert)	81,0	6,5	10,0	2,5	—	—	—
Mars- und Venusgruppe in München aus dem Jahre 1585	94,1	4,8	0,3	0,6	—	0,5	—
Diana im Hofgarten zu München, 1600 gegossen	77,0	0,9	19,1	2,3	0,1	0,4	—
Fugger'sche Venusgruppe in München, 1585 gegossen	93,7	4,8	0,3	0,7	—	0,4	—
Augsburger Bronze aus dem 16. Jahrhundert	90,0	7,0	—	2,3	Sp.	Sp.	—
Statue des Grafen Otto VI. von Henneberg zu Römhild, von Peter Vischer gegossen . . . . (Da dieselbe kein Zinn enthält, so ist sie als eigentliche Bronze nicht zu betrachten, sondern gehört zu der Gruppe der Kupferzinklegirungen.)	80,1	—	16,6	1,1	1,0	0,3	Sb. 0,3
Reiterstatue Louis' XIV., 1699 von Keller gegossen	91,4	1,7	5,5	1,4	—	—	—
Statue Henry IV. auf dem Pont neuf in Paris	89,6	5,7	4,2	0,5	—	—	—
Reiterstatue Louis' XIV. von Gor . . .	82,4	3,1	10,3	3,1	—	—	—
Minervastatue in Paris	83,0	2,0	14,0	1,0	—	—	—
Lessingstatue in Braunschweig, von Howald gegossen	84,2	3,5	11,5	0,8	—	—	—
Schäfer am Neuen Teiche bei Potsdam, 1825 gegossen	88,6	9,2	1,3	0,8	—	—	—

Statuenbronzen aus alter und neuer Zeit	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Antimon
Germanicus zu Charlottenhof bei Potsdam, in den 30er Jahren von Hopfgarten in Rom gegossen	89,8	6,0	2,3	1,3	—	0,3	—
Statue des Großen Kurfürsten in Berlin, 1703 aufgestellt	89,1	5,8	1,6	2,6	0,1	0,1	0,6
Von dem Sklaven unter der Statue des Großen Kurfürsten	88,9	7,5	0,5	1,1	0,1	0,2	0,1
Statuen des Grafen Brandenburg, Thaer's und des Löwenkämpfers vor dem Museum in Berlin, von Gladenbeck gegossen, eingesetztes Metall . . .	88,9	1,4	9,7	—	—	—	—
Aegyptische Bronzefigur	58,6	5,2	22,0	5,1	8,8	—	—
Desgleichen	83,6	2,6	4,8	8,9	—	—	—
Japanische Bronzen von öffentlichen Denkmälern, welche während der politischen und religiösen Unruhen zerstört wurden	86,4	1,9	3,4	5,7	0,6	—	1,6
Desgleichen	88,7	2,6	3,7	3,5	1,1	—	0,1
Desgleichen	92,1	1,0	2,7	—	3,6	—	—
Chinesische Bildsäulen	74,0	1,0	10,0	15,0	—	—	—

Ornamentbronzen, Werkzeuge und Waffen aus vorhistorischer Zeit	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Antimon
Altassyrische Bronzen							
Bronze aus einem in Ninive ausgegrabenen Palaste	88,0	0,1	Arsen 0,6	3,3	4,1	—	3,9
Desgleichen	86,8	12,7	—	0,2	—	0,18	—
Altägyptische Bronzen							
Dolch	85,0	14,0	—	—	1,0	—	—
Pfeilspitze	76,6	22,2	—	—	—	—	—
Meißel aus Theben	94,0	5,9	—	—	0,1	—	—

Ornamentbronzen, Werkzeuge und Waffen aus vorhistorischer Zeit	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Antimon
Vorhistorische Bronzen aus Nord- und Mitteleuropa							
Beil aus Mid-Lothian in Schottland . .	88,0	11,1	—	0,78	—	—	—
Lanzenspitze aus Irland	86,3	12,7	—	0,1	0,3	0,1	—
Säge aus Randers Amt in Dänemark .	93,0	6,0	—	—	0,5	—	Silber 0,4
Kästchen vom Sandkrug in Mecklenburg .	86,5	13,0	—	—	0,2	0,3	—
Statuette aus Oldenburg	92,6	6,3	—	1,0	1,0	—	—
Schwert aus Böhmen	92,9	6,7	—	—	0,2	—	—
Spange „ „	79,6	9,3	—	7,7	2,9	—	—
Hohler Armring aus Hallstadt	89,1	9,9	—	0,4	0,1	0,3	Silber 0,1
Stecknadel, ebendaher	88,0	9,5	—	1,6	0,1	0,5	Desgl. 0,2
Kessel aus Schweizer Pfahlbauten . . .	84,6	15,1	—	—	0,1	—	—
Haarnadeln, ebendaher	88,8	6,5	—	3,5	0,2	1,0	—
Altgriechische Bronzen							
Helm aus Corfu	81,5	18,1	—	—	—	—	—
Fibula aus Sicilien	88,9	11,0	—	—	—	—	—
Dolch aus Cyprus	88,7	8,5	—	1,5	0,5	Kobalt 0,3	—
Speerende aus Cyprus	97,2	Sp.	Gold 0,3	0,1	1,3	—	Arsen 1,3
Henkel eines Gefäßes aus Mykenä . . .	89,7	10,1	—	—	—	—	—
Schwert, ebendaher	86,4	13,0	—	0,11	0,17	0,15	—
Römische Bronzen (Im Germanischen Museum)							
Pferdegebiß	44,4	5,2	6,0	44,2	0,2	—	—
Löffel	81,3	1,8	13,0	3,2	0,6	—	—
Henkel	66,9	6,8	15,8	10,0	0,3	—	—
Römische Viktoriastatue aus Brescia . .	80,8	9,4	1,9	7,7	—	—	—
Armspange, bei Naumburg gefunden . .	83,1	1,5	15,4	—	—	—	—
Römischer Ohrring von Euböa	87,1	0,9	10,9	0,7	0,4	—	—
Fibula, von Königsberg	82,5	1,5	16,0	—	—	—	—
Plättchen, von Seebühl bei Thun . . .	85,3	2,4	6,4	5,1	0,8	—	—

Ornamentbronzen, Werkzeuge und Waffen aus vorhistorischer Zeit	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Antimon
Japanische Bronzen.							
Dieselben sind mit einer schwarzen Patina bedeckt, herrührend von einem großen Bleigehalte, welche sich effektvoll von dem Silber abhebt, mit dem die Gegenstände ausgelegt sind. Die Festigkeit dieser Bronzen ist gering und die Brüchigkeit nimmt mit dem Bleigehalte zu; doch läßt sich diesem übeln Einflusse des Bleies, wie es scheint, durch gleichzeitige Anreicherung des Zinks entgegen wirken.							
Bronzenes Schmuckstück	82,7	4,4	1,9	9,9	0,5	—	—
Desgl.	81,3	3,3	3,3	11,0	0,6	—	—
Desgl.	72,3	7,3	6,0	14,6	0,3	—	—
Desgl.	71,5	6,0	5,6	16,3	0,2	—	—
Moderne Bronze.							
Für Statuetten ꝛc., welche vergoldet werden sollen	73,0	4,0	23,0	—	—	—	—
oder	72,4	1,9	22,8	2,9	—	—	—
oder	65,0	3,0	32,0	—	—	—	—
Goldähnliche Legirung (Chrysochalk) für Schmuckgegenstände	90,5	6,5	3,0	—	—	—	—
Desgleichen, Mannheimer Gold oder Similor genannt	83,7	7	9,3	—	—	—	—
Desgleichen, Talmigold, für Pariser Schmuckgegenstände verarbeitet und vergoldet	86,4	1,1	12,2	—	—	0,3	—
Legirung für mathematische, physikalische ꝛc. Instrumente	89,5	8,5	2,0	—	—	—	—
Desgleichen, härter als die vorige	82,0	12,8	5,2	—	—	—	—

Bronze zu Münzen und Medaillen	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen
Moderne Kupferscheidemünzen in Deutschland, Frankreich, England, Spanien ꝛc.	95	4	1	—	—
Desgleichen in Italien	96	4	—	—	—
Desgleichen in Dänemark	90	5	5	—	—
Französische Medaillenbronze	95	5	—	—	—
Sonstige Medaillenbronze	97	2	1	—	—
Altgriechische Münzen.					
Altattische Münze, nach Mitscherlich	88,5	10,0	—	1,5	—
Münze Alexander's des Großen	86,8	10,3	—	2,3	—
Münze des Hiero I. von Syracus (478 v. Chr.)	94,2	5,5	—	—	0,3
Münze Philipp's von Macedonien	85,1	11,1	—	2,8	0,4
Münze aus der Römerzeit	76,4	7,1	—	16,5	—
Römische Münzen. Dieselben sind theilweise ganz zinnfrei und verdienen in diesem Falle auch nicht den Namen „Bronze", sind jedoch des besseren Vergleichs halber und in Rücksicht auf den Sprachgebrauch in Folgendem mit aufgeführt.					
Römisches As, 500 v. Chr., eisengrau	69,7	7,2	—	21,8	0,5
Münze des Kaisers Augustus	79,3	—	20,7	—	—
„ „ „ Tiberius	72,2	—	27,7	—	—
„ „ „ Claudius	77,8	—	22,0	—	—
„ „ „ Nero	81,1	1,1	17,8	—	—
„ „ „ Trajan	88,6	1,8	7,6	2,2	0,3
„ „ „ Domitian	98,9	1,1	—	—	—
„ „ „ Commodus	88,1	4,7	—	7,2	—
„ „ „ Gordian	80,0	9,1	—	10,9	—
„ „ „ Diocletian	95,8	2,2	—	1,9	—

Maschinenbronze.

Die Ansprüche, welche an die zu Maschinentheilen benutzte Bronze gestellt werden, sind sehr mannigfaltig und oft verschieden, je nachdem das betreffende Stück für den einen oder anderen Zweck bestimmt ist. Sehr häufig benutzt man die Bronze zu Theilen, welche gleitender oder rollender Reibung ausgesetzt sind,

Lagerpfannen, Kolbenringen, Excenterbügeln u. v. a. In diesem Falle kommt es zunächst darauf an, ein Material zu wählen, dessen Reibungscoefficient bei der Reibung mit dem betreffenden anderen Theile, dem Laufzapfen, der Cylinderwand u. s. w., möglichst klein sei; welches ausreichende Festigkeit gegen das Zerbrechen durch vorkommende Stöße wie gegen das Absplittern (Schiefern) einzelner Stückchen besitzt; welches hart genug ist, um einer raschen Abnutzung durch die stete Reibung zu widerstehen, doch aber nicht so hart, daß die Abnutzung auf den anderen, gewöhnlich schwieriger zu ersetzenden Theil concentrirt werde. Bei anderen Maschinentheilen — Ventilen, Pumpenkörpern u. s. w. — kommt es auf große Undurchlässigkeit gegen Gase und Flüssigkeiten, also auf gleichmäßiges dichtes Gefüge, dabei aber gewöhnlich auch auf große Festigkeit gegen Druck und Stoß an; wieder andere — z. B. Stirnräder für Walzwerke — sollen gleichzeitig Festigkeit gegen Bruch und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung, also Härte, besitzen; Stempel zum Prägen (z. B. für Goldarbeiter) sollen hart, fest und sauber gegossen sein, das Metall muß beim Gießen scharfe Umrisse geben; u. s. f.

Beispiele von Maschinenbronze	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Antimon
Achsenlager für Locomotiven ppr. . . .	89	11	—	—	—
bis . . .	82	18	—	—	—
desgl., als sehr „zäh“ empfohlen . . .	86	14	2	—	—
desgl.	84	8	4	4	—
desgl. für Lenkstangen	82	16	2	—	—
Excenterbügel	90	10	2	—	—
desgl.	84	14	2	—	—
Kolbenringe	84	3	8,5	4,5	—
desgl.	80	16	—	1	2
Pumpenstiefel, Ventilkasten, Hähne ꝛc. . .	88	12	2	—	—
desgl.	80	4	24	—	—
Räder	91,4	8,6	—	—	—
desgl.	88,7	8,3	3,0	—	—
desgl.	87,7	10,5	1,7	—	—
desgl. für Spinnmaschinen	88,8	11,2	—	—	—
Ventilkugeln	87	12	—	—	1
Dampfpfeifen	80	18	—	—	2
Stempel für Goldarbeiter	83,3	16,7	—	—	—

Phosphorbronze.

Es wurde bereits erwähnt, daß beim Schmelzen der Bronze sich Metalloxyde in derselben auflösen — Kupferoxydul und Zinnoxyd —, welche in verschiedener Beziehung die gute Beschaffenheit der Bronze beeinträchtigen, insbesondere die Festigkeit wie die Dehnbarkeit derselben abmindern. Da jedes technisch dargestellte Kupfer gewisse Mengen von Oxydul enthält, so ist selbst die frisch bereitete Bronze nicht ganz frei von jenen Oxyden.

Durch Zusatz einer kleinen Menge Phosphor zu der geschmolzenen Bronze werden die gelösten Oxyde reducirt und es entsteht solcherart die durch eine Reihe vortrefflicher Eigenschaften ausgezeichnete sogenannte Phosphorbronze.

H. de Ruolz und de Fontenay beanspruchen die Priorität der Erfindung der Phosphorbronze unter der Angabe, schon seit 1854 für die französische Regierung das Verfahren des Phosphorzusatzes bei der Bronzegießerei angewendet zu haben; Montefiore-Levi und Dr. Künzel in Val-Benoit bei Lüttich dagegen stellten die Phosphorbronze seit 1869 zuerst fabrikmäßig auch für allgemeinere Zwecke dar und erwarben sich das Verdienst, durch eine große Anzahl wissenschaftlich angestellter Versuche die Eigenschaften derselben festzustellen.

Zur Herstellung der Phosphorbronze wird Phosphorkupfer oder Phosphorzinn dem geschmolzenen Metallbade zugesetzt. Phosphorkupfer mit einem Phosphorgehalte bis 16 Proc. wird technisch durch Schmelzen von 2 Thln. granulirtem Kupfer mit 4 Thln. normalem phosphorsaurem Calcium und 1 Thl. Kohle im Tiegel dargestellt; Phosphorzinn mit einem Gehalte bis 9 Proc. durch Zusammenschmelzen von Zinn und Phosphor. Bei großem Phosphorgehalt wird leicht ein Theil desselben verflüchtigt, ohne wirksam zu sein; nach Künzel ist dagegen ein Phosphorzinn mit 5,6 Proc. Phosphor (Sn_9P) constant.

Die alleinige Aufgabe des Phosphors in der Legirung ist die Reduction der Metalloxyde, ein Ueberschuß von Phosphor aber in der erstarrten Legirung mindestens zwecklos. Daher zeigt die Untersuchung normaler Phosphorbronze nur einen sehr geringen Phosphorgehalt; z. B.

Kupfer	90,34	90,86	94,70
Zinn	8,90	8,56	4,38
Phosphor	0,76	0,19	0,55

Nach Festigkeitsversuchen, welche theils in der Königlichen Geschützgießerei zu Spandau, theils in der Versuchsanstalt von D. Kirkaldy in London mit gegossener Phosphorbronze angestellt und deren Ergebnisse von Künzel veröffentlicht wurden, betrug die Zerreißungsfestigkeit derselben durchschnittlich per Quadratcentimeter:

bei 4 bis 5 Proc. Zinngehalt 2950 kg; Ausdehnung 12,5 Proc.
„ 9 „ 10 „ „ 2350 „ „ 3 „

Vergleicht man hiermit die Werthe für die Festigkeit gewöhnlicher Bronzen auf S. 35, so zeigt sich eine nicht unbeträchtliche Steigerung der Festigkeit, und

zwar tritt dieselbe besonders deutlich bei den zinnarmen Bronzen mit 4 bis 5 Proc. Zinn hervor. Eine Zunahme der Zähigkeit, sofern man als Maß derselben die stattfindende Ausdehnung annimmt, ist freilich bei diesen Versuchen nicht erkennbar; es kommt jedoch hierbei in Betracht, daß diejenigen Versuche, deren Ergebnisse durch die Tabelle a. S. 35 mitgetheilt sind, durchweg mit frisch bereiteter, also oxydarmer, Bronze angestellt waren, welche unläugbar beträchtlich zäher, dehnbarer ist, als die bereits umgeschmolzene, für welche hauptsächlich der Phosphorzusatz förderlich sein dürfte.

Die hauptsächlichste Verwendung findet die Phosphorbronze beim Maschinenbau und für technische Zwecke: zu Maschinentheilen, z. B. Getrieben, welche auf Festigkeit in Anspruch genommen sind; zu Lagerpfannen; zu Hochofenformen u. a. m.

Manganbronze.

In ganz derselben Weise wie ein Phosphorzusatz wirkt ein Manganzusatz zur Bronze. Kupferoxydul und Zinnoxyd werden reducirt, Manganoxydul wird gebildet und verschlackt.

Solche durch einen Manganzusatz ihres Oxydgehalts beraubte Bronze heißt Manganbronze.

Metallisches Mangan läßt sich im reinen Zustande technisch nicht darstellen; es enthält immer mindestens 10 Proc. fremde Bestandtheile (Kohle, Silicium, Eisen), ist aber bei diesem höchsten erreichbaren Mangangehalte nur in außerordentlich hoher Temperatur schmelzbar und zerfällt, der Luft ausgesetzt, sehr bald unter theilweiser Oxydation zu Pulver.

Man benutzt deshalb für die Darstellung der Manganbronze eine Legirung aus Kupfer mit Mangan, welche durch reducirendes Schmelzen von Manganoxyden mit Kupfer und Kohle unter einer Decke von Flußspath, Kochsalz und Kohlenlösche im Tiegel gewonnen wird. Man pflegt Legirungen mit 10 bis 30 Proc. Mangan zu verwenden; mit dem Mangangehalte steigt der Schmelzpunkt und somit auch die Kosten der Herstellung wie die Schwierigkeit der Verwendung in beträchtlicher Weise. Diese Legirung ist ziemlich hart, weißlich grau gefärbt und zeigt mitunter Neigung zum Saigern.

Handelt es sich eben nur darum, oxydfreie Bronze ohne erheblichen Mangangehalt — welcher ja immerhin verändernd auf die Eigenschaften der reinen Bronze einwirken würde — darzustellen, so wird nur so viel von jener Legirung zugefügt, daß jener Zweck erreicht wird; ein Zusatz von 0,5 bis 2 Proc. derselben dürfte hierfür meistens ausreichend sein und man erhält in diesem Falle Bronze, deren Mangangehalt nur einige Hundertstel oder Zehntel Procente beträgt. Mitunter aber kann die Absicht vorliegen, eine wirkliche Manganlegirung, also eine ternäre Bronze aus Kupfer, Zinn, Mangan oder auch eine quaternäre Bronze mit einem Zinkgehalte darzustellen (vergl. die Festigkeitstabelle solcher Legirungen a. S. 38); insbesondere dann, wenn es sich um Erzielung größerer Festigkeit bei geringerer Härte handelt, als sie die reine Kupferzinnlegirung besitzen würde. In diesem Falle reichert man den Mangangehalt wohl bis zu 10 Proc. an, obschon aller-

dings die größere Kostspieligkeit dieser Legirung ihrer allgemeineren Anwendung noch eine Schranke setzen dürfte.

Die Verwendungen der Manganbronze sind im Wesentlichen dieselben wie diejenigen der Phosphorbronze. (Vergl. ferner unten: Mangankupferzinklegirungen, welche ebenfalls mitunter als Manganbronze benannt werden.)

Kupferzinklegirungen.

Die charakteristischen Eigenschaften dieser Legirungen, ihre Vorzüge und Schwächen im Vergleiche mit den Bronzen sind schon früher charakterisirt worden. Ihr hauptsächlichster Vorzug liegt in der größeren Billigkeit, Leichtgießbarkeit und, bei mäßigem Zinkgehalte, leichteren Verarbeitbarkeit durch Hämmern, Pressen, Walzen, Ziehen, ihre schwache Seite in der geringeren Festigkeit und Härte. Der Zinkgehalt dieser Legirungen steigt bis auf 50 Proc., selten darüber; je zinkreicher die Legirung ist, desto billiger ist sie allerdings, aber im Allgemeinen auch, sobald der Zinkgehalt über eine gewisse Grenze hinausgeht, desto ungeeigneter für die Verarbeitung und den Gebrauch. Die Stufenleiter der Festigkeit dieser Legirungen wurde auf S. 36, der Härte auf S. 41, der Farbe auf S. 52 gegeben. Die Dehnbarkeit nimmt im Allgemeinen langsam mit dem Kupfergehalte der Legirung ab; alle Legirungen bis zu einem Zinkgehalte von 35 Proc. sind indessen in der Kälte gut, weniger gut in der Glühhitze bearbeitbar; Legirungen mit 35 bis 40 Proc. Zink lassen sich in der Wärme wie in der Kälte bearbeiten; mit mehr als 40 Proc. Zink lassen sie sich noch mit Vorsicht bearbeiten, bis der Zinkgehalt etwa 50 Proc. beträgt. Aus dieser Legirung hat man noch Draht dargestellt, an dessen Dehnbarkeit und Biegsamkeit allerdings keine hohen Ansprüche gestellt werden dürfen; steigt der Zinkgehalt über 50 Proc., so wird das Metall vollständig spröde und unbearbeitbar.

Dem verschiedenen Zinkgehalte entsprechend pflegt man zwei Benennungen für diese Legirungen anzuwenden:

Tombak, mit einem Zinkgehalte von höchstens 18 Proc., röthlich von Farbe, leicht dehnbar, wegen des höheren Kupfergehalts kostspieliger.

Messing, mit einem Zinkgehalte von 18 bis 50 Proc., gelb, gut gießbar.

Bei gegossenen Gegenständen unterscheidet man außerdem Rothguß mit höherem Kupfergehalte, in der Zusammensetzung dem Tombak entsprechend, und Gelbguß mit geringerem Kupfergehalte, aus gegossenem Messing bestehend (daher auch die in vielen Gegenden gebräuchliche Bezeichnung „Gelbgießer“ statt Messinggießer).

Die erwähnten Legirungen werden theils zu Gußwaarendarstellung, theils, ihrer verhältnißmäßig leichten Verarbeitbarkeit halber, für Bleche und Drähte benutzt; und zwar pflegt man für ersteren Zweck zinkreichere und deshalb billigere Sorten zu verwenden, sofern nicht aus besonderen Gründen eine geringere Härte oder größere Geschmeidigkeit erforderlich ist, während für die Verarbeitung zu Blech und Draht die zinkärmeren Sorten mit höchstens 33 Proc. Zink geeigneter sind.

Neben dem Zink findet man in diesen Legirungen häufig verschiedene andere Metalle, theils absichtlich zugesetzt, theils als unabsichtliche Verunreinigungen.

Liegt die Aufgabe vor, einen größeren Härtegrad, größere Festigkeit und Elasticität hervorzubringen als sie die reinen Kupferlegirungen besitzen, so fügt man kleinere oder größere Mengen Zinn hinzu und erzeugt solcherart Legirungen, wie sie bereits oben unter der Ueberschrift „Statuen-, Ornament- und Münzenbronzen" besprochen worden sind.

Durch kleine Mengen Blei (1 bis 2 Proc.) erhöht man die Bearbeitungsfähigkeit durch schneidende Werkzeuge (aus den schon bei den Kupferzinnlegirungen besprochenen Ursachen), ruft auch wohl lebhaftere Farbentöne hervor, verringert aber erheblich die Dehnbarkeit, und es sollte deshalb ein solcher Zusatz bei allen denjenigen Legirungen streng vermieden werden, welche für Blech- oder Drahtanfertigung bestimmt sind.

Eisen erhöht zwar die Festigkeit, beeinträchtigt aber die Dehnbarkeit in der Kälte und legirt sich schwierig mit Kupferzink.

Von den Kupferzinkmanganlegirungen wird unter der Ueberschrift „Manganlegirungen" die Rede sein.

Kupferzinklegirungen mit und ohne Zinngehalt wurden im Alterthume von den Römern schon einige Zeit vor Christi Geburt benutzt und verdrängten in der Kaiserzeit bei der Darstellung von Münzen und Schmucksachen zum großen Theile die bis dahin angewendete reine Bronze (vergl. die auf S. 74 mitgetheilten Analysen römischer Bronzen).

Die Darstellung geschah, da man metallisches Zink noch nicht kannte, damals bis ziemlich lange nach der Entdeckung des letzteren durch Schmelzen von Kupfer mit Galmei und Kohle. Erst 1742 wies van Swab nach, daß Messing durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink sich darstellen lasse. Trotzdem war noch vor wenigen Jahrzehnten jene Methode der Messingdarstellung aus Galmei, beziehentlich gerösteter Zinkblende oder zinkischen Ofenbrüchen, und Kupfer auf verschiedenen Hüttenwerken üblich; und obgleich es schwierig ist, durch diese Methode eine annähernd gleichmäßige Zusammensetzung zu erhalten, so gaben doch lange Zeit hindurch die Praktiker dem auf diese Weise gewonnenen Messing den Vorzug vor dem durch Zusammenschmelzen der Metalle erzeugten. Das beim Schmelzen entstehende Product hieß Arco, Stückmessing, Rohmessing und wurde bisweilen durch Umschmelzen unter Zusatz von altem Messing verbessert.

Die jetzt allein übliche Darstellung des Messings aus Kupfer und metallischem Zink geschieht in den allermeisten Fällen durch Zusammenschmelzen in Tiegeln, selten (wegen der Leichtoxydirbarkeit des Zinks) im Herdflammofen ohne Tiegel. Die Tiegel werden entweder in einen Schachtofen mit Coksfeuerung oder bei größerem Betriebe auch wohl in einen Herdflammofen mit Steinkohlen- oder Gasfeuerung eingesetzt (vergl. im zweiten Abschnitte: das Schmelzen der Metalle); und zwar pflegt ein Tiegelschachtofen für 1 bis 7 Tiegel eingerichtet zu sein, während ein Flammofen für mindestens die doppelte Zahl ausreicht. Die Tiegel werden zweckmäßigerweise vor dem Einsetzen des Metalls auf Rothgluth erhitzt, dann schichtenweise mit dem Metalle gefüllt, so daß zu oberst eine Lage Kupfer kommt,

mit einer Schicht Kohlenstaub bedeckt und dann in den Ofen eingesetzt. Gewöhnlich wird auch eine kleinere oder größere Menge altes Messing mit in den Tiegel gebracht, um aufs Neue eingeschmolzen zu werden. Weniger üblich ist es, das Zink in dem geschmolzenen Kupfer zu lösen, da hierbei nicht selten, auch wenn das Zink angewärmt war, ziemlich heftige Explosionen entstehen.

Soll die dargestellte Legirung durch Hämmern, Walzen oder Ziehen weiter verarbeitet werden, so gießt man sie zu Tafeln von 7 bis 20 mm Stärke und benutzt hierzu eine aus zwei, mit Lehm überzogenen, Granitplatten gebildete Gußform. Eiserne Leisten, welche zwischen die Platten gelegt werden, bilden den Rand der Gußform und bestimmen zugleich die Stärke der entstehenden Platte. Beim Gießen wird die Gußform in geneigte Lage gebracht und das Metall von oben hinein gegossen.

Verschiedene technische Ausdrücke bei der Messingfabrikation deuten auf eine östliche Abstammung. Eine Vertiefung neben dem Schmelzofen, in welche bei großen Güssen ein sogenannter Königstiegel, zur Aufnahme des sämmtlichen flüssigen Metalls bestimmt, gestellt wird, heißt Mundal; ein eiserner Rührstab zum Umrühren der geschmolzenen Legirung heißt Kaliol; das Abstreichen der Lösche und Schlacke vom Rande der Tiegel: Mundiren.

Beispiele der Kupferzinklegirungen.

	Kupfer	Zink	Zinn	Blei	Eisen
Englisches Tombak für Gußwaaren	86,4	13,6	—	—	—
Tombak zu Schmucksachen, Chrysochalk genannt	90,0	7,9	—	1,6	—
Tombak für scharfe Güsse	87	13	—	—	—
„ aus Oker	85	15	—	—	—
„ zu Gewehrbeschlägen	80	17	3	—	—
„ aus Nürnberg zu unechtem Blattgolde	84,6	15,4	—	—	—
Messingblech von unbekanntem Ursprunge	71,0	27,6	—	1,3	—
Französisches Messingblech	70,1	29,9	—	—	—
Messingblech von Stolberg bei Aachen	64,8	32,8	0,4	2,0	—
Sehr spördes Messingblech	63,6	33,0	—	2,5	—
Chinesisches Messingblech	56,6	38,2	3,3	1,0	1,4

	Kupfer	Zink	Zinn	Blei	Eisen
Messingblech zu Schiffsbeschlägen, in Rothgluth gewalzt, widerstandsfähig gegen die Einwirkung des Seewassers, nach dem Erfinder Muntz Muntzmetall genannt	60	40	—	—	—
Sterrometall oder Aichmetall (nach dem Erfinder Aich), in der Hitze schmiedbar	60	38,2	—	—	1,8
Thurston's zähes und festes Messing .	55	44,5	0,5	—	—
Messingdraht aus England	70,3	29,2	0,2	0,3	—
desgl. aus Neustadt-Eberswalde .	70,2	27,4	0,8	0,2	—
Gußmessing von Oker	62,2	37,2	—	0,5	0,1
„ zu Uhrrädern	60,6	36,9	1,4	—	—
„ zu Stempeln für Lederver-goldung in der Buchbinderei	61,6	35,5	Antimon 3,0	—	—

Sonstige im Handel vorkommende Benennungen für Kupferzinklegirungen, gewöhnlich zu dem Zwecke ersonnen, den daraus hergestellten Gegenständen den Nimbus des Neuen, Absonderlichen zu verleihen, sind: Oreide, Chrysorin, Pinchbeck, Prinzmetall, Mannheimer Gold (vergl. auch Bronzen); u. a. m.

Kupferaluminiumlegirungen, Aluminiumbronze.

Die Einwirkungen eines Aluminiumgehalts auf die Eigenschaften des Kupfers sind denen des Zinns in vieler Beziehung ähnlich; aber gleiche Gewichtsmengen Aluminium rufen eine höhere Steigerung der Festigkeit, der Härte, der Elasticitätsgrenze, eine stärkere Beeinflussung der Farbe hervor als das Zinn. Gerade jene außerordentliche Steigerung der Härte ist es vornehmlich, welche die Anwendung aluminiumreicherer Legirungen als mit 10 Proc. Aluminiumgehalt für technische Zwecke ausschließt; dazu kommt der hohe Preis des Aluminiums, welcher möglichste Sparsamkeit bei Verwendung des Aluminiums gebietet.

Man nennt die Kupferaluminiumlegirungen mit einem Aluminiumgehalte bis 10 Proc. Aluminiumbronzen.

Die Zerreißungsfestigkeit gegossener 10 procentiger Aluminiumbronze beträgt nach Anderson 3686 bis 6972 kg, durchschnittlich also circa 5300 kg per Quadratcentimeter und ist demnach mehr als doppelt so groß als diejenige

gegossener Zinnbronze (Anderson fand die Zerreißungsfestigkeit der Geschützbronze durchschnittlich zu 2550 kg per Quadratcentimeter, allerdings erheblich höher, als die auf Seite 35 mitgetheilten Ziffern ergeben). Für gezogene Drähte fand Deville eine Festigkeit = 8500 kg, annähernd gleich derjenigen des Stahldrahts.

Die Aluminiumbronze läßt sich ohne Schwierigkeit in Formen gießen, welche sie scharf ausfüllt, und ist sowohl in der Kälte wie in Temperaturen von dunkler Rothgluth bis nahe zum Schmelzpunkte bearbeitbar. Unmittelbar vor Beginn des Schmelzens zerfällt sie jedoch unter dem Hammer in einzelne Stücke. Ihr Widerstand gegen Formveränderungen in der Kälte (ihre Steifigkeit, Starrheit) ist jedoch ein ziemlich bedeutender; Strange maß denselben durch die eintretende Einbiegung belasteter Stäbe aus verschiedenem Materiale und fand das Verhältniß dieser Einbiegungen

für	Messing	Geschützbronze	Aluminiumbronze
wie	2,22	0,15	0,05

so daß demnach die Aluminiumbronze eine dreimal so große Steifigkeit als Geschützbronze, eine 44 mal so große Steifigkeit als Messing besitzt.

Gegenüber chemischen Einflüssen besitzt Aluminiumbronze ziemlich große Widerstandsfähigkeit; der Versuch, sie wegen ihrer golddähnlichen Farbe zu Uhrgehäusen u. dergl. zu verwenden, scheiterte jedoch, da die Gegenstände durch den menschlichen Schweiß bald schwarz gefärbt wurden.

Das specifische Gewicht beträgt nach Bell:

bei	3	Proc.	Aluminium	8,691
„	4	„	„	8,621
„	5	„	„	8,369
„	10	„	„	7,689

Für die Herstellung der Aluminiumbronze ist die Anwendung chemisch reinen Kupfers von Wichtigkeit. Am geeignetsten, aber allerdings auch am theuersten, ist das auf elektrolytischem Wege gewonnene. Beide Metalle werden entweder zusammen im Tiegel eingeschmolzen — zweckmäßigerweise unter einer Decke von Holzkohlenstaub, Chlornatrium und Thonerde; oder das Aluminium wird in dem vorher geschmolzenen Kupfer gelöst. Durch ein öfteres Umschmelzen sollen die Eigenschaften der Aluminiumbronze verbessert werden (unzweifelhaft aber unter Abnahme des Aluminiumgehalts; und es bleibt fraglich, ob nicht bei aluminiumreichen Bronzen eben hierdurch jene Verbesserung hervorgerufen wird).

Neuerdings hat man der Aluminiumbronze auch kleinere Mengen von Nickel und Zink zugesetzt (D. R. P. Nr. 11 577).

Legirungen des Kupfers mit Gold, Silber, Nickel, Mangan 2c. vergleiche Gold-, Silber- 2c. Legirungen.

Goldlegirungen.

Das reine Gold ist zwar außerordentlich geschmeidig, dabei aber weich und verhältnißmäßig wenig fest. Es ist in Folge hiervon mechanischer Abnutzung leicht unterworfen, ein Umstand, welcher bei dem hohen Preise desselben um so schwerer in die Wagschale fällt. Seine Härte und Festigkeit läßt sich jedoch, wie schon früher erwähnt wurde, in beträchtlichem Maße durch Legirung steigern; und aus diesem Grunde wird es im ganz reinen Zustande nur dann verwendet, wenn das höchste Maß der Dehnbarkeit Bedingung ist (z. B. für die Anfertigung des Blattgoldes), während für die meisten anderen Zwecke Goldlegirungen Verwendung finden. Als Legirungsmetall dient in erster Reihe das Kupfer; da aber bei der geringen färbenden Kraft des Goldes die reinen Goldkupferlegirungen leicht einen zu rothen Farbenton erhalten, setzt man zur Abminderung jener Einwirkung des Kupfers neben demselben wohl Silber zu; oder — seltener — für helle Farbentöne legirt man nur mit Silber; und endlich in einzelnen Fällen zur Hervorbringung grünlicher Farben wendet man auch wohl Zusätze von Cadmium u. a. m. an.

Die Goldkupferlegirung heißt rothe Karatirung, die Silberkupferlegirung weiße Karatirung, die Legirung mit beiden Metallen gemischte Karatirung.

Da der Werth eines aus einer Goldlegirung gefertigten Gegenstandes in erster Reihe von dem Goldgehalte der Legirung abhängt, so ist zwischen Käufer und Verkäufer eine genaue Bezeichnung dieses Goldgehaltes von Wichtigkeit. Am einfachsten und allgemein verständlich ist nun jedenfalls die Bezeichnung des Goldgehalts in Procenten oder häufiger Tausendtheilen von dem Gewichte der Legirung, wobei also 70 procentiges oder 0,700 feines Gold solches ist, welches neben 70 Theilen Gold 30 Theile fremde Metalle enthält. Vielfach aber findet man noch neben dieser in neuerer Zeit immer üblicher werdenden Bezeichnung unter den Goldarbeitern den Goldgehalt nach Karaten angegeben. Hierbei bilden 24 Karat das Feingold oder die Mark, und ein Karat wird in 12 Grän getheilt. Der Feingehalt der Legirung wird also ausgedrückt, indem man angiebt, wie viel Karate und Grän Gold in der Mark enthalten sind; 18 karatiges Gold ist demnach 0,750 feines Gold, d. h. solches, welches neben 75 Proc. Gold 25 Proc. fremde Metalle enthält; u. s. f.

Für Schmucksachen werden Goldlegirungen von sehr abweichendem Feingehalte angewendet, je nachdem dieselben gut oder weniger gut bezahlt werden; während die werthvollsten aus 0,750 fein Gold gefertigt zu werden pflegen, findet man billige Gegenstände, deren Gehalt nicht über 0,125 fein Gold hinausgeht.

Ein Zusatz kleiner Mengen (5 bis 7 Proc.) Zink zu Goldkupferlegirungen mit 58 bis 60 Proc. Gold soll nach Peligot die Dehnbarkeit der Legirung erhöhen, vermuthlich durch Reduction von Kupferoxydul (vergl. auch im zweiten Abschnitte: Dehnbarkeit).

Das Elektrum der Alten war eine Legirung aus circa 3 Thln. Gold mit 1 Thl. Silber.

Beispiele von Goldlegirungen.

	Gold	Kupfer	Silber	Cadmium	Eisen
Deutsche, nordamerikanische, belgische und französische Goldmünzen	90,0	10,0	—	—	—
Englische Sovereigns	91,6	8,4	—	—	—
Oesterreichische Dukaten	98,6	1,4	—	—	—
Schmucksachen (9 Thle. 0,750 feines Gold, 2 Thle. Silber, 1 Thl. Kupfer) . .	56,2	16,7	27,1	—	—
oder 2 Thle. 0,750 feines Gold, $\frac{1}{2}$ Thl. Silber, $\frac{1}{2}$ Thl. Kupfer	50,0	16,6	33,4	—	—
oder 12 Thle. 0,750 feines Gold, 7 Thle. Silber, 3 Thle. Kupfer . .	40,9	27,2	31,8	—	—
oder für Schmucksachen, welche emaillirt werden sollen (16 Thle. 0,750 feines Gold, 3 Thle. Silber, 1 Thl. Kupfer)	60	25	15	—	—
Grünes Gold	75,0	—	16,6	8,4	—
oder	75,0	—	12,5	12,5	—
oder	74,6	9,7	11,4	4,3	—
Blaßgelbes Gold	33,3	—	66,7	—	—
Hochgelbes „	50	12,5	37,5	—	—
Blaßrothes „	60	20	20	—	—
Hochrothes „	50	50	—	—	—
Graues „	85,7	8,6	—	—	5,7
oder	80	—	—	—	20 Zink
Dehnbare Legirung nach Peligot . . .	58,0	35,4	—	—	6,6
oder	58,0	37,2	—	—	4,8
Goldenes Gefäß aus Mykenä (1500 v. Chr.)	89,4	0,6	8,5	—	0,2
Blattgold, ebendaher	73,8	2,2	23,4	Blei 0,3	0,2

Silberlegirungen.

Aus denselben Gründen, welche für die Legirung des Goldes maßgebend sind, wird auch das Silber seltener im reinen Zustande als legirt verarbeitet. Es kommt hierbei noch hinzu, daß das reine Silber die Eigenschaft besitzt, im flüssigen Zustande Sauerstoff zu lösen, welcher beim Erstarren entweicht und das Metall in einem von Blasen durchsetzten Zustande zurückläßt, während das legirte Silber in weit geringerem Maße dieses, die Verarbeitung erschwerende, Verhalten zeigt. Das üblichste Legirungsmetall ist Kupfer; durch einen Zusatz kleiner Mengen Zink (etwa 0,75 Proc.) zu den Silberkupferlegirungen läßt sich in noch stärkerem Maße jener Gasentwickelung vorbeugen.

Den Silbergehalt einer Legirung (Feingehalt) bezeichnet man entweder, wie beim Golde, nach Procenten beziehentlich Tausendtheilen oder nach **Lothen**, wobei man eine Mark Feinsilber gleich 16 Loth à 18 Grän annimmt. 12löthiges Silber enthält demnach 75 Theile Silber und 25 Theile Kupfer u. s. f.

Zu Geräthen, Schmuck und dergleichen pflegt man mindestens 0,750 feines Silber (12löthiges) anzuwenden, mitunter noch feineres.

Beispiele von Silberlegirungen.

Moderne Münzen	Silber	Kupfer	Blei	Eisen	Gold
Französische (mit Ausnahme der Fünf-Francsstücke), belgische, italienische, schweizerische Silbermünzen	83,5	16,5	—	—	—
Deutsche und nordamerikanische Silbermünzen, französische Fünf-Francsstücke .	90,0	10,0	—	—	—
Englische Silbermünzen	92,5	7,5	—	—	—
Oesterreichische Gulden seit 1857	90,0	10,0	—	—	—
„ Viertelgulden seit 1857 .	52,0	48,0	—	—	—
„ 20-Kreuzer „ „ .	50,0	50,0	—	—	—
„ 10- „ „ 1868 .	40,0	60,0	—	—	—
„ 5- „ „ „ .	35,0	65,0	—	—	—
Norddeutsche Thaler vor 1857	75,0	25,0	—	—	—
Preußische Silbergroschen und Sechser (außer Curs)	22,0	78,0	—	—	—

Antike Münzen	Silber	Kupfer	Blei	Eisen	Gold
Persische					
Münze aus der Zeit von 560 bis 330 v. Chr.	88,4	10,5	0,7	—	0,3
Münze des Königs Sapor 380 bis 309 v. Chr.	92,0	6,8	0,2	0,4	0,5
Griechische					
Athene	97,8	—	2,1	—	0,01
Obolus	99,5	0,3	—	0,2	—
Semiobolus	97,9	—	2,0	—	—
Rhodus	73,9	23,9	1,8	—	0,2
Römische					
Antonius Triumvir 31 v. Chr.	92,5	7,1	0,2	—	0,1
Augustus Imperator	92,8	1,9	—	3,2	2,1
				Zinn	
Septimus Severus 193 bis 211 n. Chr. .	54,9	43,8	0,7	0,2	0,1
Gallienus 260 n. Chr.	17,1	80,9	0,6	0,2	0,2

Durch Zusatz von Zink zu dem reinen Silber oder den Silberkupferlegirungen wird der Schmelzpunkt erniedrigt und eine weißere Legirung als durch Zusatz von Kupfer allein erzeugt, welche angeblich leicht verarbeitbar ist; jedoch scheinen diese Silberzinklegirungen bisher wenig andere Verwendung als zum Löthen (vergleiche Abschnitt 3) gefunden zu haben. Dagegen findet sich unter der Benennung Drittelsilberlegirung mitunter für Tafelbestecke ꝛc. eine durch weiße Farbe ausgezeichnete quaternäre Legirung aus Silber, Kupfer, Zink, Nickel, in welcher ein Theil des Silbers durch das billigere Nickel ersetzt ist; z. B.

Silber	27,5	33,3	34	40
Kupfer	59,5	41,8	42	44,6
Zink	9,5	16,3	16	10,8
Nickel	3,5	8,6	8	4,6

Auch Silberkupfercadmiumlegirungen mit 50 bis 98 Proc. Silber, 5 bis 45 Proc. Cadmium, übrigens Kupfer, sind wegen ihrer Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit als ein vorzügliches Material für Draht- und ähnliche Arbeiten empfohlen worden, ohne jedoch bislang eine ausgedehntere Anwendung gefunden zu haben.

Nickellegirungen.

Die Schwerverarbeitbarkeit und der hohe Preis des Nickels, andererseits die für die Benutzung vorzüglichen Eigenschaften desselben (Festigkeit, Härte, Farbe, Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen) legen das Bestreben nahe, brauchbare, billigere und leichter verarbeitbare Legirungen desselben mit anderen Metallen darzustellen. Bei der vorherrschenden Fähigkeit des Nickels, weiße Färbungen hervorzurufen, besitzen diese Legirungen helle, oft silberähnliche, Farben, selbst wenn der Nickelgehalt verhältnißmäßig gering ist, sind ausgezeichnet durch große Festigkeit, Härte und mäßige Dehnbarkeit in der Kälte. Das üblichste Legirungsmetall ist das Kupfer, dessen Menge gewöhnlich die des Nickels nicht unerheblich überwiegt; zur Erniedrigung des Schmelzpunkts, zur Hervorrufung hellerer Färbungen ohne Erhöhung des kostspieligen Nickelgehalts und aus Rücksicht der Billigkeit wird häufig als drittes Metall Zink in die Legirung geführt; seltener findet sich an Stelle desselben das theurere und zugleich die Härte der Legirung stärker erhöhende Zinn oder Mangan verwendet. Ein Eisengehalt der Nickellegirungen ruft zwar ebenfalls hellere Färbungen hervor, verringert aber die Dehnbarkeit. Auch Cadmium ist bisweilen als viertes Metall den Legirungen zugesetzt worden, vermuthlich, um den immerhin ziemlich hoch liegenden Schmelzpunkt derselben zu erniedrigen.

Die Herstellung der Nickellegirungen geschieht durch Zusammenschmelzen der Metalle im Tiegel; seltener durch reducirendes Schmelzen von Nickeloxyd mit Kohle und den übrigen Metallen. Das geschmolzene Metall pflegt in eisernen Formen zu Blöcken ausgegossen zu werden, welche für die weitere Verarbeitung durch Walzen 2c. bestimmt sind. Wird Zink mit Nickel und Kupfer legirt, so benutzt man in Rücksicht auf die Leichtflüchtigkeit desselben mitunter das auf S. 62 unter 5. beschriebene Verfahren; oder man schmilzt zunächst eine geringere Menge des Zinks mit einem Theile des Kupfers, den anderen Theil des Kupfers mit sämmtlichem Nickel zusammen, vereinigt beide Legirungen und löst dann erst den Rest des Zinks in der Legirung auf. Bei einer noch anderen Methode schmilzt man zunächst sämmtliches Kupfer mit einem Drittel des Zinks und des Nickels und fügt den Rest dieser beiden Metalle in kleinen Mengen allmälig zu der geschmolzenen Legirung.

Zum Schmelzen dienen gut ziehende Tiegelschachtöfen oder bei größerem Betriebe Herdflammöfen wie beim Messingschmelzen.

Nickelkupferlegirungen.

Nickelmünzen	Nickel	Kupfer	Kobalt	Eisen
In Deutschland und Belgien . .	25	75	—	—
„ Nordamerika	12	88	—	—
Baktrische Münze aus dem 2. Jahrh. v. Chr.	20,0	77,6	0,5	1,0

Neusilber, Argentan.

Schon im Anfange des vorigen Jahrhunderts kamen aus China Geräthe aus einer Legirung unter dem Namen Packfong nach Europa, welche den später angestellten Untersuchungen zufolge aus Kupfer, Zink, Nickel, in einzelnen Fällen auch Eisen bestand. Engström fand in einem derartigen Gefäße 15,2 Proc. Nickel, 40,5 Proc. Kupfer, 44,3 Proc. Zink; Fyfe in einem anderen 30,7 Proc. Nickel, 41 Proc. Kupfer, 25,6 Proc. Zink, 2,7 Proc. Eisen. In Europa dagegen wurde die erste derartige Legirung um das Jahr 1770 in Suhl aus Metallkörnern dargestellt, welche sich in den Schlacken alter Metallhütten im Hennebergischen fanden, und unter der Bezeichnung Suhler Weißkupfer zu Sporen, Gewehrgarnituren ꝛc. verarbeitet wurden. Daß diese Legirung ihre weiße Farbe größtentheils ihrem Nickelgehalte verdanke, wurde jedoch weit später — im Jahre 1823 — nachgewiesen. Erst in dieser Zeit, nachdem man das Verhalten des Nickels in den Legirungen aufmerksamer beobachtet hatte, gelangten die Nickellegirungen zu einer erhöhten Wichtigkeit auch in Europa, insbesondere in Deutschland. Auf Anregung des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen, eine dem 12löthigen Silber ähnliche, zu Speisegeräthen brauchbare Legirung zu erfinden, stellten ziemlich gleichzeitig Dr. Geitner in Schneeberg (jetzige Firma: Dr. Geitner's Argentanfabrik in Auerhammer bei Aue) und die Gebrüder Henniger in Berlin eine Legirung aus Nickel, Kupfer und Zink dar, welche von dem ersteren unter dem Namen Argentan, von den letzteren unter dem Namen Neusilber in den Handel gebracht wurde. Dieselbe Legirung wird in Wien Alpaka, in Paris Alfenide genannt, während auch die chinesische Bezeichnung Packfong, besonders für die geringwerthigeren, nickelärmeren Sorten, nicht selten in Anwendung kommt. Für stark versilberte Gegenstände aus Argentan kommt fernerhin der Name Chinasilber mitunter in Anwendung; auch wohl Christofle-Metall nach dem Namen eines hervorragenden Fabrikanten.

Das Argentan besitzt eine größere Festigkeit als das Messing, ist gegen saure Flüssigkeiten zwar weniger widerstandsfähig als 0,750 feines Silber, wird aber doch weniger als Messing von denselben angegriffen und läßt sich in der Kälte, wenn auch nicht ganz so leicht wie Messing, durch Hämmern, Walzen ꝛc. bearbeiten, während es in Rothgluth seine Dehnbarkeit verliert.

Das Gewichtsverhältniß der drei Metalle unter einander ist ein verschiedenes, je nachdem diese oder jene Eigenschaft (Farbe, Dehnbarkeit, Schmelzbarkeit, Billigkeit) vorwiegend hervortreten soll.

Eine weiße Farbe wird hauptsächlich durch Nickel hervorgerufen, Dehnbarkeit durch Kupfer, Leichtschmelzbarkeit und Billigkeit durch Zink. Im Allgemeinen pflegt die Zusammensetzung zwischen folgenden Werthen zu schwanken:

Nickel	12	bis	26	Proc.
Kupfer	50	„	66	„
Zink	20	„	40	„

oder es verhält sich die Menge des Kupfers zu der des Zinks annähernd wie 8:3, die Menge des Kupfers plus Zink zu der des Nickels wie 3:1 bis 8:1. Für die verschiedenen Zwecke sind folgende Einsätze empfohlen, bei welchen auf den beim Schmelzen unvermeidlichen Zinkverlust bereits Rücksicht genommen ist:

	Nickel	Kupfer	Zink
für gelbliches walzbares Argentan	14,8	59,2	26
„ weißeres „ „	20	60	20
„ weißes, dem 12löthigen Silber ähnliches, walzbares Argentan	20,7	55,2	24,1
„ bestes Argentan, bläulich weiß	26,0	52,0	22,0
„ leicht schmelzbares, wenig dehnbares Argentan	12,1	48,5	39,4

Analysen	Nickel	Kupfer	Zink	Eisen	Cadmium
Scheidemünzen in Chile seit 1872 . . .	20	70	10	—	—
Englisches, billiges Neusilber zu Tischgeräthen	10,8	62,6	26,0	—	—
Desgleichen, besser als das vorige . . .	15,0	62,4	22,1	—	—
Französisches Neusilber (Alfenide)	18,7	50,0	31,3	—	—
Desgleichen, geringwerthig	9,7	59,1	30,2	1,0	—
„ Löffel	19,8	69,9	5,6	—	4,7
Wiener Neusilber zu Löffeln	25	50	25	—	—
oder	22,2	55,6	22,2	—	—
Deutsches Neusilber	17,5	55,5	29,1	—	—

Manganlegirungen.

Zwei Eigenschaften des Mangans sind es vornehmlich, die demselben Anwendung in Legirungen verschafft haben: seine Leichtoxydirbarkeit, welche dasselbe zu einem geeigneten Reductionsmittel für manche in den Metallen lösliche und deshalb nachtheilig wirkende Metalloxyde erhebt; und in einzelnen Fällen seine Fähigkeit, weiße Farbentöne hervorzurufen.

Da das reine Mangan eine außerordentlich hohe Schmelztemperatur und daneben die selbst noch bei einem Gehalte von etwa 10 Proc. an fremden Körpern bemerkbare Eigenschaft besitzt, sehr bald unter theilweiser Oxydation zu Pulver zu zerfallen, so erklärt es sich, daß das Mangan überhaupt nur in Legirung mit anderen Metallen — Eisen oder Kupfer — beziehentlich in Verbindung mit Metalloiden (Kohle, Silicium), deren Gegenwart den Schmelzpunkt erniedrigt

und jene Eigenschaft, zu zerfallen, aufhebt, technisch dargestellt wird. Diese manganreichen Legirungen, wie sie aus den Erzen durch reducirendes Schmelzen gewonnen werden, pflegen dann als Zusatzmaterial für andere Metalle oder Legirungen zu dienen, deren Eigenschaften durch den Manganzusatz in der oben erwähnten Weise beeinflußt werden sollen.

Manganeisenlegirungen.

Fast jedes Eisenerz enthält kleinere oder größere Mengen von Mangan; und kaum ein Manganerz ist ganz eisenfrei. Jedes der beiden genannten Metalle pflegt deshalb, wenn es durch reducirendes Schmelzen der Erze dargestellt wurde, nachweisbare Mengen des anderen zu enthalten. Der Mangangehalt der absichtlich dargestellten Manganeisenlegirungen dagegen pflegt 40 bis 85 Proc. zu betragen. Die Herstellung derselben geschieht fast immer im Eisenhochofen und ist bei der Schwerreducirbarkeit und Schwerschmelzbarkeit des Mangans um so schwieriger, je größer der Mangangehalt der Legirung werden soll. Ein Theil des Mangangehalts der Beschickung bleibt immerhin unreducirt und geht als Manganoxydul in die Schlacke. Haupterfordernisse zur Reduction des Mangans sind: eine stark basische, insbesondere kalkreiche Schlacke und hohe Temperatur im Schmelzraume (daher Anwendung hocherhitzter Gebläseluft und als Brennstoff Coks). Da als Reductionsmaterial für das Mangan wie für das Eisen hierbei Kohle, beziehentlich Kohlenoxyd dient, so erklärt es sich bei der verhältnißmäßig großen Neigung dieser Metalle, Kohlenstoff aufzunehmen, daß alle diese Legirungen kohlenstoffhaltig sind; und zwar pflegt der Kohlenstoffgehalt mit dem Mangangehalte zu wachsen und, diesem entsprechend, 4,5 bis 7 Proc. zu betragen; außer Kohlenstoff finden sich gewöhnlich kleinere Mengen von Silicium, Kupfer, auch wohl Kobalt, Nickel u. a. m., wie im Roheisen.

Gemäß dem verschiedenen Mangangehalte und dem dadurch bedingten verschiedenen Aeußeren pflegt man die Manganeisenlegirungen in folgende zwei Gruppen zu theilen.

Spiegeleisen.

Der Mangangehalt desselben beträgt 10 bis 25 Proc. Es ist durch ein eigenthümliches großblättriges Gefüge, weiße Farbe und große Härte gekennzeichnet; die Absonderungsflächen des Gefüges heißen Spiegel. Bei genauer Untersuchung derselben läßt sich erkennen, daß dieselben aus einzelnen, dicht an einander gereihten, vierseitigen Säulen des rhombischen Systems bestehen, welche schräg gegen die Abkühlungsflächen gerichtet sind. Der Kohlenstoffgehalt des Spiegeleisens pflegt durchschnittlich 5 Proc. zu betragen. Es wird seit Anfang dieses Jahrhunderts — zuerst im Siegenerlande — dargestellt und theils als Rohmaterial beim Verfrischen, theils als desoxydirendes Zusatzmaterial zu geschmolzenem, sauerstoffhaltigem Flußeisen benutzt (vergl. auch Bd. 7, S. 283, 481, 530; Analysen S. 296).

Ferromangan und Rohmangan.

Steigt der Mangangehalt des Manganeisens über 25 Proc., so verliert sich as eigenthümliche Gefüge des Spiegeleisens, um einer dichten, feinkörnigen, fast uschlig zu nennenden Bruchfläche Platz zu machen. Die rein weiße Farbe des Spiegeleisens geht in Gelblichweiß oder Grauweiß über; wo aber beim Abkühlen ie Luft durch einen entstandenen Riß beschränkten Zutritt fand, da entstehen nächtige Anlauffarben in Blau, Purpur und Gelb. In Hohlräumen finden sich äulenförmige, dem rhombischen Systeme angehörende Krystalle von mitunter mehreren Centimetern Länge. Diese Legirungen werden im engeren Sinne Eisenmangane, Ferromangane oder, wenn der Mangangehalt über 50 Proc. hinausgeht, auch wohl Rohmangane genannt. Während sie früher nur im Tiegel erzeugt wurden, stellt man sie seit Ende der siebenziger Jahre im Großen in Hochöfen dar unter Befolgung der oben mitgetheilten Regeln für die Manganreduction. Ihre hauptsächlichste Verwendung finden sie als Reductionsmittel für sauerstoffhaltiges Flußeisen (Bessemer- oder Martineisen). Mitunter stellt man für diesen Zweck auch Ferromangane mit gleichzeitigem Siliciumgehalte dar, theils, weil das Silicium selbst stark reducirend wirkt, theils, weil das entstehende Manganoxydul durch die miterfolgende Kieselsäure alsdann desto sicherer verschlackt wird. Da aber für die Reduction von Silicium in beträchtlicheren Mengen eine kieselsäurereichere Schlacke unerläßlich ist, so ist wieder der Mangangehalt dieser siliciumreicheren Legirungen geringer.

Analysen	Mangan	Eisen	Silicium	Graphit	Gebundene Kohle	Phosphor
Ferromangan von Terre-Noire	25,15	69,60	0,05	—	5,20	0,09
Desgleichen " "	64,25	30,50	0,06	—	5,65	0,13
Desgleichen " "	85,50	8,25	0,09	—	6,62	0,14
Desgleichen mit reichem Siliciumgehalt, ebendaher	20,50	66,75	10,20	—	2,65	0,18
Desgleichen von Oberhausen, mit 8 cm langen Krystallen, in der Sammlung der Königl. Bergakademie zu Freiberg	35,42	58,43	0,06	0,42	5,10	Sp.

Mangankupfer.

Die wesentlichsten Eigenschaften dieser Legirung, ihre Darstellung und Verwendung zur Herstellung von Manganbronze wurden bereits a. S. 38 u. 77 besprochen. Zwei Proben Mangankupfer, von L. Biermann in Hannover dargestellt und in der Sammlung der Königl. Bergakademie zu Freiberg befindlich, enthielten:

Analysen	Mangan	Kupfer	Eisen	Kohlenstoff
Gelblich grau, mit dunkleren Flecken, auf stattgehabte Saigerung deutend . . .	13,48	83,45	1,24	0,11
Weißlich grau, dicht; auf bearbeiteten Flächen gelblich weiß	16,86	81,03	1,67	0,06

Mangankupferzinklegirungen, Manganneusilber.

Der verhältnißmäßig hohe Preis des Nickels sowie die Eigenschaft desselben, selbst in Legirungen noch mit Begierde Gase zu lösen, welche beim Erstarren entweichen und blasige undichte Güsse hinterlassen, hat schon mehrfach Veranlassung zu Versuchen gegeben, dasselbe in den Neusilberlegirungen durch das ebenfalls weiß färbende Mangan zu ersetzen, welches vor dem Nickel noch obenein die desoxydirende Wirkung gegenüber den im Metallbade vorhandenen Metalloxyden voraus hat. Es lassen sich thatsächlich durch Zusammenschmelzen von Kupferzink mit Kupfermangan oder auch mit Eisenmangan Legirungen von heller Farbe darstellen, deren Dehnbarkeit wenigstens annähernd derjenigen des Neusilbers gleich ist, und welche mit verschiedenen Benennungen: Stahlbronze, Manganbronze u. a., von den Fabrikanten belegt worden sind, obschon sie die Bezeichnung als Bronze wegen des fehlenden, dieser Legirung eigenthümlichen, Zinngehalts keineswegs verdienen. Der Manganbronze im eigentlichen Sinne, aus Kupfer, Zinn und Mangan bestehend, ist schon früher (S. 77) gedacht worden; die hier in Rede stehenden Legirungen dürften besser als Manganneusilber bezeichnet werden können, da sie ihrer Zusammensetzung wie ihrer Bestimmung nach dem eigentlichen Neusilber zur Seite treten. Wenn sie trotz der oben erwähnten, ihre technische Verwendung begünstigenden Eigenschaften nicht im Stande gewesen sind, dem nickelhaltigen Neusilber ernstliche Concurrenz zu bereiten, so lassen sich die Gründe dafür theils in dem Umstande suchen, daß zur Darstellung gleich weißer, silberähnlicher Legirungen ein größerer Mangan- als Nickelzusatz erforderlich ist, der wiederum die Verarbeitbarkeit verringert; anderentheils aber in der schon früher erwähnten Thatsache, daß eisenfreie Manganlegirungen nur zu einem Preise herzustellen sind, der ihre Anwendung im Großen für Gegenstände mit reichem Mangangehalte

usschließt, ein Eisengehalt aber, wie er durch Anwendung von Ferromanganen
1 die betreffenden Legirungen geführt werden würde, die Verarbeitbarkeit derselben
1 der Kälte verringert.

Boncelin und Ponsard empfehlen unter der nicht gerade glücklich gewählten
Bezeichnung „Stahlbronze" folgende Legirungen:

zum Ersatz von Neusilber:
60 Theile Kupfer, 40 Theile Ferromangan mit 70 bis 80 Proc. Mangan, 15 Theile Zink;

für Zapfenlager, Hähne, Ventile:
60 Theile Kupfer, 40 Theile Ferromangan mit 60 Proc. Mangan, 10 Theile Zink.

Analysen	Kupfer	Mangan	Zink	Eisen	Zinn ꝛc.	Nickel
Ein in der Sammlung der Königl. Bergakademie zu Freiberg befindliches Manganneusilberblech von hellgelber Farbe, mäßig dehnbar, enthält	60,95	7,95	29,93	1,13	—	—
Ein anderes dergl. Blech, heller als das vorige, aber noch deutlich gelblich . .	63,16	4,48	26,11	0,74	—	3,67

Eisenlegirungen.

Durch die Legirung des Eisens mit anderen Metallen pflegt die Dehnbarkeit desselben in erheblichem Maße beeinträchtigt zu werden, ohne daß andere, für die Verarbeitung und Benutzung förderliche Eigenschaften hervorgerufen würden; außerdem aber wird, da das Eisen das billigste aller Metalle ist, der Preis desselben vertheuert. Eine hervorragende Bedeutung aber, wenn man für den Vergleich die Wichtigkeit des nicht legirten Eisens in Betracht zieht, besitzen die Eisenlegirungen nicht, ausgenommen die schon besprochenen Manganeisenlegirungen, welche jedoch mehr für eigentlich hüttenmännische Zwecke als für die Verarbeitung zu Gebrauchsgegenständen bestimmt sind. Nur wenn es sich darum handelt, ausnahmsweise hohe Härtegrade hervorzurufen, benutzt man wohl Legirungen des Eisens mit Chrom oder Wolfram.

Eisenchromlegirungen.

Man erhält dieselben durch reducirendes Schmelzen der beiden Oxyde; oder einfacher von Chromeisenstein, welcher mit solchen Zuschlägen beschickt wird als erforderlich ist, um aus den Gangarten desselben eine ausreichend flüssige Schlacke

zu bilden. Die Darstellung geschieht meistens in Tiegeln, theils wegen der Schwierigkeit der Verhüttung im Hochofen, hauptsächlich auch, weil der Bedarf an diesen Legirungen nicht so groß ist, um die Production eines, wenn auch kleinen, Hochofens zu decken. Mit dem Chromgehalte steigt der Schmelzpunkt der Legirung und ebensowohl in Rücksicht auf die hierdurch wachsende Schwierigkeit der Darstellung als auch auf die sonst eintretende Nothwendigkeit, den Eisengehalt des als Material benutzten Chromeisenerzes durch einen umständlichen Proceß vorher abzuscheiden, pflegt man Legirungen mit höherem Chromgehalte als 60 Proc. nicht darzustellen. Diese reicheren Eisenchromlegirungen sind weiß von Farbe, außerordentlich hart und spröde, so daß sie sich im Mörser pulvern lassen; man benutzt sie, um durch Zusatz beim Tiegelgußstahlschmelzen sogenannten Chromstahl darzustellen, der schon mit einem Chromgehalte von 0,3 bis 0,5 Proc. eine größere Festigkeit und erheblich größere Härte als chromfreier Stahl mit gleichem Kohlenstoffgehalte besitzt, während bei mehr als 1 Proc. Chrom die Sprödigkeit — insbesondere beim Härten — in einer Weise gesteigert wird, daß solcher Stahl kaum noch als brauchbar gelten kann.

Analysen	Chrom	Eisen	Mangan	Kohle	Silicium
Eisenchromlegirung von E. W. L. Biermann in Hannover	54,52	nicht best.	nicht best.	0,43	—
Desgleichen	14,45	82,40	0,50	2,52	0,04
Desgleichen von Terre-Noire	25,30	57,43	13,20	4,75	—
Chromstahl aus Brooklyn	0,35	98,50	Sp.	1,01	Sp.
„ „ Döhlen	0,50	98,30	—	0,94	0,12

Eisenwolframlegirungen.

Man stellt dieselben durch Schmelzen des in der Natur vorkommenden Wolframerzes mit Kohle und, wenn wolframärmere Legirungen erzeugt werden sollen, mit Zusatz von Eisenerzen dar. Sie sind weiß, hart, spröde, schwerschmelzig; man benutzt sie wie die Eisenchromlegirungen, um durch Zusatz zum Tiegelgußstahl einen Stahl von größerer Härte zu erzeugen. Da aber die Einwirkung des Wolframs in dieser Hinsicht weniger intensiv als die des Chroms ist, so ist ein erheblich größerer Zusatz davon erforderlich, um den gleichen Zweck zu erreichen, und man stellt Wolframstahl mit einem Gehalte bis zu 8 Proc. Wolfram dar. Mit dem Wolframgehalte wächst aber auch die Sprödigkeit; daher findet der harte und spröde Wolframstahl vorzugsweise für Werkzeuge mit stumpfen Schneiden (Drehstähle, Meißel etc.) Verwendung, während der weniger spröde Chromstahl auch für scharfschneidige Instrumente gut geeignet ist.

Analysen	Wolfram	Eisen	Mangan	Kupfer	Kohlenstoff	Silicium
Wolframeisen von L. Biermann in Hannover	29,12	67,93	Sp.	Sp.	1,17	0,60
Desgl. von Terre-Noire	24,25	30,00	41,50	—	5,65	—
Wolframstahl aus Bochum	1,94	96,00	0,44	Sp.	1,43	0,19
Desgl. aus Steiermark	6,44	91,10	0,34	0,44	1,20	0,21
„ „ England	8,25	87,76	1,26	Sp.	1,70	0,81

Platinlegirungen.

Obschon das Platin sich mit Leichtigkeit mit einer großen Zahl von Metallen legirt und diese Legirungen einen niedrigeren Schmelzpunkt als das reine Platin zu besitzen pflegen, so macht man doch verhältnißmäßig wenig Gebrauch von denselben. Denn wo es auf Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen ankommt, verdient das reine Platin meistens den Vorzug gegenüber seinen Legirungen mit billigeren Metallen; Legirungen von bestimmter Farbe lassen sich billiger durch andere Metalle herstellen; die Härte des reinen Platins ist für seine meisten Verwendungen ausreichend; die Dehnbarkeit desselben aber kann durch Legirung nur verringert werden.

Platinkupfer.

1 Theil Platin mit 3 Theilen Kupfer giebt eine goldähnliche, harte, chemischen Einflüssen besser als Bronze widerstehende Legirung, welche zu Schmucksachen empfohlen ist.

Platinsilber.

Man hat diese, durch weiße Farbe und Härte ausgezeichneten Legirungen ebenfalls für Herstellung von Schmuckgegenständen in Anwendung gebracht; z. B.

35 Thle. Platin, 65 Thle. Silber
oder $17^1/_2$ „ „ $82^1/_2$ „ „

Zum Löthen dieser Gegenstände wendet man dieselbe Legirung unter Zusatz von 2 bis 3 Proc. Kupfer (zur Erniedrigung des Schmelzpunktes) an.

Legirung zu Schreibfedern, welche nicht rosten:

4 Thle. Platin, 3 Thle. Silber, 1 Thl. Kupfer.

Legirungen zu Platten, Haken ꝛc. an künstlichen Gebissen, wegen ihrer großen Elasticität besonders hierfür geeignet;

2 Thle. Platin, 1 Thl. Silber
oder 2 „ „ 1 „ „ 1 Thl. Palladium.

Platingold.

Auch diese Legirungen werden, theils allein, theils noch mit Silber oder Palladium legirt, für Theile an künstlichen Gebissen benutzt; z. B.

6 Thle. Platin,	2 Thle. Gold,	1 Thl. Silber	
14 „ „	4 „ „	6 Thle. „	
10 „ „	6 „ „	8 „ Palladium.	

Platiniridium.

Diese Legirungen des Platins sind die einzigen, welche bis jetzt in einigermaßen beträchtlichen Mengen zur Verwendung gelangten, wenn es sich darum handelte, harte, dabei schmiedbare und gegen chemische Einflüsse in hohem Grade widerstandsfähige Legirungen zu erhalten. Das Material zu den französischen Normalmetermaßstäben wurde im Jahre 1874 durch Deville durch Zusammenschmelzen von 225 kg Platin mit 25 kg Iridium hergestellt. Man schmolz zuerst die Metalle in Mengen von 10 bis 15 kg zusammen, vereinigte die erhaltenen Legirungen durch abermaliges Schmelzen zu Stücken von etwa 80 kg, die dann in einem dritten Schmelzen vollends zusammengeschmolzen wurden. Ein aus Kalk gefertigter Herdflammofen, mit Leuchtgas und Sauerstoff geheizt, diente als Schmelzapparat. Die fertige Legirung enthielt:

Platin	Iridium	Rhodium	Eisen	Kupfer
89,440	10,370	0,060	0,006	0,130

Zinnlegirungen.

Das Zinn ist theils ein ziemlich kostspieliges, theils ein weiches, mechanischer Abnutzung wie dem Verbiegen stark ausgesetztes Metall, während andererseits seine ziemlich große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse in der Kälte, seine schöne, fast silberweiße Farbe, seine Leichtschmelzbarkeit und Dehnbarkeit es als ein vorzüglich geeignetes Material zu Gebrauchsgegenständen mannigfacher Art — insbesondere für Zwecke der Hauswirthschaft und des Verkehrs — erscheinen läßt.

Man legirt also das Zinn, um jene zuerst erwähnten, die Benutzung erschwerenden Eigenschaften abzumindern, mit fremden Metallen. Unter diesen Legirungsmetallen tritt uns am häufigsten das Blei entgegen. Dasselbe ist verhältnißmäßig billig und die Bleizinnlegirungen sind leicht durch Gießen wie im kalten Zustande verarbeitbar; aber die Gesundheitsgefährlichkeit des Bleies verbietet

bei allen Verwendungen, wo diese Eigenschaft in Betracht kommt, mit dem Bleizusatze über eine ziemlich niedrige Grenze hinauszugehen (vergl. S. 56); die Farbe der Legirung nimmt rasch einen grauen Ton an; und die durch Legirung mit Blei zu erreichende Steigerung der Härte bleibt immerhin auf ein wenigstens nicht sehr bedeutendes Maß beschränkt. Wo also größere Härtegrade, eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Verbiegen ꝛc. hervorgerufen werden sollen, benutzt man andere Legirungsmetalle und zwar am häufigsten Antimon; neben demselben nicht selten kleinere Mengen Kupfer, welche die Festigkeit und Härte der Legirung in erheblichem Maße steigern, während zu reichliche Mengen desselben theils der weißen Farbe nachtheilig sein, theils die Verarbeitung wegen allzu großer Härte und Sprödigkeit erschweren würden; mitunter zum theilweisen Ersatz des kostspieligen Antimons das billigere Zink, obschon dessen Einflüsse auf die Härte ꝛc. des Zinns weniger kräftig sind; in einzelnen Fällen, besonders wo es sich um Erniedrigung des Schmelzpunktes handelt, kleine Mengen des weit theureren Wismuths.

Die Bereitung dieser Legirungen ist sehr einfach, wenn nur Metalle, deren Schmelzpunkte nicht weit aus einander liegen, insbesondere Zinn und Blei, legirt werden sollen; die Schwierigkeit wächst mit der Verschiedenheit der Schmelzpunkte. Insbesondere pflegt man, wenn Kupfer in die Legirung geführt werden soll, dieses zunächst mit einer kleineren Menge des Zinns, beziehentlich der übrigen Metalle, zusammenzuschmelzen und dann erst diese Legirung mit dem Reste des Zinns zu vereinigen (vergl. S. 61).

Zinnbleilegirungen.

Dieselben bilden das am häufigsten benutzte Material der Zinngießer, welche aus den oben besprochenen Gründen reines Zinn fast niemals verarbeiten. Die Eigenschaften dieser Legirungen sind schon früher in ausführlicher Weise besprochen worden (specifisches Gewicht a. S. 26; Härte a. S. 42; Schmelztemperaturen a. S. 46; Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Salzlösungen a. S. 56). Zu Gefäßen für Speisen und Getränke wird in Deutschland eine Legirung aus 5 Thln. Zinn mit 1 Thl. Blei benutzt; zur Herstellung sogenannter Zinnbrillanten (Fahluner Diamanten), ausgezeichnet durch starken Glanz, für Theaterschmuck, Sargbeschläge und dergleichen dienend, 29 Thle. Zinn mit 19 Thln. Blei[1]); zu Spielzeug und ähnlichen Zwecken 4 Thle. Zinn mit 3 Thln. Blei; für Orgelpfeifen 5 Thle. Zinn mit 2 Thln. Blei, mitunter auch noch bleireichere Legirungen bis zu 50 Proc. Blei oder bleiärmere mit nur 10 Proc. Blei.

Gießt man eine geschmolzene Zinnbleilegirung auf eine Fläche oder besser noch in eine in Formsand hergestellte muldenförmige Vertiefung aus, so zeigen

[1]) Die Anfertigung dieser Zinnbrillanten geschieht durch Eintauchen facettirt geschliffener Glaskörper in die nur wenig über ihren Schmelzpunkt erhitzte Legirung und sofortiges Herausziehen. Es bleibt dann an dem Glase eine dünne Schicht des erstarrten Metalls hängen, welche sich leicht ablösen läßt und deren innere Fläche einen getreuen, stark glänzenden Abdruck der geschliffenen Fläche des Glases bildet.

sich auf der Oberfläche des erstarrenden Metalls gewisse Erscheinungen, abweichend nach der Zusammensetzung, welche dem geübten Auge eine annähernde Schätzung des Zinngehalts ermöglichen (Zinnprobe). Reines Zinn erstarrt mit rein weißer, glänzender Oberfläche ohne andere Erscheinungen als die bisweilen erkennbare Neigung, in der Mitte der Fläche eine schwache Einsenkung mit Krystallauswüchsen zu bilden. Eine Legirung aus 4 Thln. Zinn mit 1 Thl. Blei bedeckt sich beim Erstarren auf der ganzen Oberfläche mit sehr feinen nadelförmigen, horizontal liegenden Krystallbildungen, wodurch der Glanz des reinen Zinns verschwindet, während die Oberfläche noch eben und glatt bleibt. Bei 2 Thln. Zinn mit 1 Thl. Blei erscheinen weißliche, rundliche, von vertieften Linien eingefaßte kleine Flecken, knopfartig oder warzenartig die ganze Oberfläche bedeckend, Fig. 6. Bei 1 Thl. Zinn mit 1 Thl. Blei werden diese Flecken größer, die einfassenden Linien tiefer, Fig. 7. Bei 4 Thln. Blei mit 1 Thl. Zinn sind die Flecke vollständig verschwunden, die anfänglich glänzende Oberfläche überzieht sich plötzlich wie mit einem Hauche und wird glanzlos wie mattes Silber. Reines Blei endlich erstarrt mit glänzender Fläche, auf welcher die Neigung zu krystallisiren, erkennbar ist.

Fig. 6.

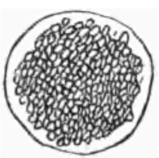
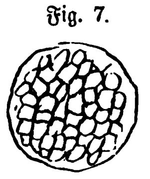


Fig. 7.



Weißmetall (Weißguß).

Man versteht unter diesen Benennungen eine Anzahl Legirungen aus Zinn und Antimon, häufig auch Blei, Kupfer, Wismuth, Zink enthaltend, welche, ausgezeichnet durch niedrige Schmelztemperatur und sonstige für die Verarbeitung durch Gießen förderliche Eigenschaften, vorwiegend zur Herstellung gegossener Gegenstände für technische Zwecke — Zapfenlager, Dichtungsringe für Dampfkolben 2c. 2c. — verwendet werden.

Weißguß insbesondere pflegt man die für Zapfenlager benutzten Legirungen dieser Art zu nennen. Sie haben vor den kupferreicheren Lagermetallen (S. 75) den Vortheil voraus, daß sie wegen ihrer niedrigen Schmelztemperatur ohne Weiteres um die betreffenden Zapfen herum gegossen werden können, wodurch das Ausbohren beziehentlich Ausdrehen erspart wird; aber sie sind allerdings gewöhnlich etwas kostspieliger im Materiale und nicht ganz so haltbar als jene, auch entsteht bei einer Erhitzung des Lagers die Gefahr des Wegschmelzens.

Bei der Bereitung des Weißmetalls, welches neben Zinn Kupfer und Antimon enthält, fügt man zunächst zu dem geschmolzenen Kupfer das Antimon, zu der so gebildeten Legirung ein Drittel des Zinns, rührt tüchtig um und gießt zunächst aus diesem Gemische dünne Platten. Dieselben werden auf's Neue eingeschmolzen und dann mit dem Reste des Zinns sowie den übrigen etwa zuzusetzenden Metallen vermischt.

Beispiele	Zinn	Antimon	Kupfer	Blei	Zink
Lager für Eisenbahnwagen der österreichischen Staatsbahn	90	7	3	—	—
Desgl. der Niederschlesisch Märkischen Bahn	85	10	5	—	—
Gewöhnliches Zapfenlagermetall	42	16	—	42	—
Englisches Lagermetall	53	10,6	2,4	33	1,0
Desgl.	72	26	2	—	—
Desgl. (Asberrymetall)	77,8	19,4	—	—	2,8
Kolbenringe für Locomotiven	81	12,5	6,5	—	—
Druckplatten für Noten	60	5,4	—	34,6	—

Britanniametall.

Legirungen, ähnlich dem soeben besprochenen Weißmetall, jedoch ohne Blei, werden, wenn sie zu Gegenständen des häuslichen Gebrauchs — Kaffee- und Theekannen, Tassen, Löffeln ꝛc. — verarbeitet werden, Britanniametall genannt. Von Wichtigkeit ist bei der Bereitung derselben die Erzielung einer schönen silberähnlichen Farbe, einer hohen Politurfähigkeit und, da sehr viele jener Gegenstände durch Verarbeitung im kalten Zustande hergestellt werden müssen, eine mäßige Dehnbarkeit, also Vermeidung eines allzu beträchtlichen Antimon- und Kupfergehalts. Daher beträgt der Zinngehalt selten und nur bei den geringwerthigen Sorten weniger als 85 Proc., bei den besseren, zur Verarbeitung durch Walzen, Prägen, Drücken bestimmten Legirungen dagegen 90 bis 93 Proc., der Antimongehalt bei den besseren Legirungen höchstens 10 Proc., der Kupfergehalt 0 bis 3 Proc., um so weniger, je mehr Antimon gegenwärtig ist.

Beispiele	Zinn	Antimon	Kupfer
a. Britanniametall für Bleche	92	6	2
b. „ „ „ zum Drücken (auf der Drehbank)	93,7	3,8	2,5
c. Britanniametall für gegossene Löffel	88,4	8,7	2,9
d. „ „ sonstige gegossene Gegenstände	92,5	4,5	3

Bei der Bereitung dieser Legirungen verfährt man in der schon oben angedeuteten Weise. Englische Fabriken von Britanniametall stellen sich als „Härtungsmetall“ (Hardening) eine Legirung aus 2 Thln. Kupfer mit 1 Thl. Zinn in Vorrath dar und setzen diese zu dem übrigen Zinn und Antimon. So z. B. erhält man die oben sub b. erwähnte Legirung durch Zusammenschmelzen von 100 Thln. Zinn, 4 Thln. Härtungsmetall, 4 Thln. Antimon; die sub c. erwähnte durch Zusammenschmelzen von 100 Thln. Zinn, 5 Thln. Härtungsmetall, 10 Thln. Antimon; u. s. f. Eine andere, in englischen Fabriken benutzte Vorschrift zur Herstellung von Britanniametall ist folgende: 4 Thle. Messing werden mit 4 Thln. Zinn zusammengeschmolzen; zu den geschmolzenen Metallen fügt man 4 Thle. Antimon und 4 Thle. Wismuth. Die so entstandene Legirung wird aufbewahrt und nach Bedarf dem geschmolzenen Zinn zugesetzt, um so mehr, je härter das Britanniametall werden soll.

Andere Beispiele, Analysen des fertigen Metalls, sind folgende:

	Zinn	Antimon	Kupfer	Zink	Wismuth	Arsen
Löffel	85,5	14,5	—	—	—	—
Desgleichen	81,9	16,2	1,8	—	—	—
Blech aus Birmingham	90,6	7,8	1,5	Sp.	—	—
Desgleichen	90,6	9,4	—	—	—	—
Desgleichen, sehr spröde	85,6	9,6	0,8	3,0	—	0,8
Desgleichen, dargestellt durch Zusammenschmelzen von 1 Thl. Messing, 2 Thln. Antimon, 1 Thl. Wismuth, 1 Thl. Zinn, dann Zusatz von 16 Thln. Zinn	85,0	5,0	3,6	1,4	5,0	—
Weiße Tischglocken	94,5	0,5	5,0	—	—	—

Bleilegirungen.

Da das Blei nach dem Eisen und neben dem Zink das billigste der Metalle bildet, so pflegt es, sofern es nicht selbst als Legirungsmetall für andere Metalle benutzt wird (z. B. in reichlichen Mengen bei der Verarbeitung des Zinns; vergl. Zinnbleilegirungen), nur dann legirt zu werden, wenn es sich darum handelt, seine sehr geringe Härte zu steigern. Am häufigsten benutzt man als Zusatz zu diesem Zwecke Antimon und nennt das antimonhaltige Blei Hartblei zum Unterschiede von dem antimonfreien gewöhnlichen Weichblei; soll die durch den

Antimongehalt hervorgerufene Sprödigkeit gemildert werden, so ersetzt man einen Theil desselben durch Zinn; in einzelnen Fällen (in der Schrotgießerei) erzeugt man eine größere Härte durch Legirung mit Arsen statt des Antimons.

Hartblei.

Dasselbe wird entweder durch Zusammenschmelzen von Blei und Antimon dargestellt oder aus antimonhaltigen Bleierzen als Nebenproduct bei der Abscheidung des Silbers und Darstellung des Weichbleies gewonnen (Bd. 7, S. 854). Bisweilen fügt man kleinere Mengen Kupfer hinzu, auch wohl Zink, obschon bei der geringen Fähigkeit des letzteren Metalls, mit dem Blei sich zu legiren (vergl. S. 5), kaum ein Vortheil von diesem letzteren Zusatze zu erwarten steht. Ueber die Härtegrade der Bleiantimonlegirungen wurde a. S. 42 das Erforderliche mitgetheilt. Bei einem größeren Antimongehalte als 25 Proc. wird die Legirung so spröde und zerbrechlich, daß man sie für die Herstellung von Gebrauchsgegenständen nicht mehr verwenden kann; mehr als 20 Proc. Antimon pflegt auch dann nur zugesetzt zu werden, wenn die Legirung zugleich zinnhaltig ist. Eine nicht seltene Benutzung des Hartbleies ist die Herstellung von Zapfenlagern für gröbere Maschinen, welche vor den oben besprochenen Weißgußlagern zwar den Vortheil größerer Billigkeit voraus haben, ihnen aber an Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung nachstehen. Daher setzt man zur Abminderung dieses Uebelstandes nicht selten kleinere oder größere Mengen Zinn hinzu, und solcherart entstehen dann Uebergänge zu den bleihaltigen Zinnantimonlegirungen (S. 98). Bei der Bereitung dieser ternären Legirungen legirt man zweckmäßigerweise zuerst das Antimon mit einem Theil des Bleies, fügt dann den Rest des Bleies zu und zuletzt das Zinn.

Eine andere sehr wichtige Verwendung des zinnhaltigen Hartbleies ist die Herstellung gegossener Typen und Stereotypplatten für die Buchdruckerei. Die Legirung heißt in diesem Falle Schriftmetall.

Beispiele	Blei	Antimon	Zinn	Kupfer
Lagermetall für Eisenbahnwagen u. gröbere Maschinen .	84	16	—	—
Desgl., härter u. fester als die vorige, aber auch kostspieliger	60	20	20	—
Desgleichen	80	12	—	8
Schriftmetall für Typen ohne Schriftzeichen (welche zur Ausfüllung der weiß bleibenden Zwischenräume zwischen den Wörtern, Zeilen u. s. w. des Satzes bestimmt sind)	80	20	—	—
Gewöhnliches Schriftmetall für Lettern	75	23	2	—
Besseres, aber kostspieligeres Schriftmetall für Lettern (auch zur Herstellung des Satzes für dieses Buch benutzt)	60	25	15	—
Metall zu Stereotypplatten	82	14,8	3,2	—

Bleiarsenlegirungen.

Dieselben werden, wie erwähnt, zur Darstellung des Flintenschrots benutzt. Man stellt sie dar, indem man zu dem geschmolzenen Blei rothes Schwefelarsen (Realgar) oder auch weißes Arsen (Arsenigsäureanhydrid), letzteres am besten mit etwas Holzkohlenpulver gemischt und in Papier eingewickelt, zusetzt. Arsen wird reducirt und legirt sich mit dem Blei. Je gröber das Schrot werden soll, desto mehr Arsen fügt man hinzu; doch erreicht der Arsengehalt auch des gröbsten Schrots selten $^1/_2$ Proc. Man rechnet bei dem feinsten Schrote 0,2 Proc., bei mittelfeinem 0,3 Proc., bei grobem 0,35 Proc. Arsen. Bei zu großem Arsengehalte entstehen statt runder linsenförmige Kugeln.

Zinklegirungen.

Nur verhältnißmäßig selten wird Zink mit anderen Metallen legirt. Annähernd ebenso billig als das Blei — also zu den billigsten aller Metalle zählend und durch Legirung kostspieliger werdend — hat es vor jenem den Vorzug bedeutend größerer Härte voraus (Verhältniß der Härtegrade 1:11,3), so daß wenig Veranlassung für die Legirung vorliegt. In einzelnen Fällen bei Anfertigung von Gegenständen, welche mit der Feile bearbeitet werden, kann die Anwendung eines mit kleineren Mengen Kupfer oder Eisen oder beiden Metallen zugleich legirten Zinks an Stelle des reinen Metalls zweckmäßig erscheinen, weil die Legirung weniger als das letztere den Hieb der Feile verstopft (schmiert), sich also bequemer bearbeiten läßt; an Stelle des oben besprochenen Weißmetalls benutzt man mitunter für Zapfenlager und dergleichen aus Billigkeitsrücksichten Zinklegirungen mit Kupfer, Zinn, Antimon, welche härter und fester als das reine Zink sind und sich durch geringen Reibungscoefficienten auszeichnen sollen. Ein Bleizusatz, welchen man bisweilen vorgeschrieben findet, erscheint wegen der geringen Legirungsfähigkeit zwischen Zink und Blei von vornherein ziemlich zwecklos. Dagegen setzt man dem Zink, welches zur Herstellung feinerer Gußgegenstände bestimmt ist, mit Vortheil kleinere Mengen (bis 5 Proc.) Zinn zu. Der Schwindungscoefficient des Zinks beim Gießen verringert sich dadurch, alle die aus einer starken Schwindung hervorgehenden, im nächsten Abschnitte unter „Schwindung“ ausführlich besprochenen Uebelstände, insbesondere auch die Entstehung kleiner undichter Stellen, werden auf ein geringeres Maß zurückgeführt und die Herstellung sauberer, glatter Güsse erleichtert.

Beispiele	Zink	Kupfer	Zinn	Antimon	Eisen
Legirung für Gegenstände, welche gefeilt werden	99	1	—	—	—
bis	90	10	—	—	—
oder	99,8	—	—	—	0,2
bis	98	—	—	—	2
oder	97	2,5	—	—	0,5
oder	68	11	21	—	—
u. dergl.					Blei
Babitt's Lagermetall	69	4	19	3	5
Englisches Lagermetall (sogenanntes Antifrictionsmetall)	85	5	—	10	—
oder	76	6	18	—	—
oder	80	5,5	14,5	—	—
Legirung für Pumpenhähne empfohlen	72	7	21	—	—

Quecksilberlegirungen (Amalgame).

Trotz der Leichtigkeit, mit welcher Quecksilber mit vielen Metallen sich legirt, besitzen diese Legirungen doch nur eine beschränkte Verwendung bei der Verarbeitung der Metalle. Man benutzt sie als Zwischenproduct, wenn es sich darum handelt, ein Metall mit einer dünnen Schicht eines zweiten zu überziehen, wobei das Amalgam dieses letzteren im flüssigen oder breiartigen Zustande auf das erstere aufgetragen und dann durch Erhitzung zum Glühen unter Verflüchtigung des Quecksilbers zerlegt wird (vergl. Feuervergoldung im fünften Abschnitte), oder für sonstige Zwecke, wo der teigartige oder flüssige Zustand vieler Amalgame bei gewöhnlicher Temperatur zweckdienlich erscheint (zum Bestreichen des Reibzeugs an Elektrisirmaschinen, als Spiegelbelag, zum Plombiren von Zähnen u. dgl. m.). Die Bereitung geschieht meistens durch Auflösen des zweiten Metalls im Quecksilber bei gewöhnlicher oder in höherer Temperatur; mitunter auch auf Umwegen, wenn die Vereinigung schwieriger vor sich geht. So läßt sich Silberamalgam durch Eingießen von reinem Quecksilber in eine schwach saure Lösung von Silbernitrat darstellen, wobei ein in langen Nadeln krystallisirendes Amalgam entsteht, während Quecksilbernitrit in Lösung geht; Kupferamalgam erhält man zwar schon durch Zusammenreiben von Kupferpulver mit Quecksilber in etwas erhöhter Temperatur, leichter aber bei Gegenwart von Schwefelsäure oder Quecksilbernitritlösung, welche später durch Wasser entfernt wird; u. s. f.

Aus den in höherer Temperatur dargestellten Amalgamen scheiden sich nicht selten beim Erstarren Krystalle einer quecksilberärmeren Legirung aus, während eine quecksilberreichere im flüssigen Zustande verharrt; vermittelst Hindurchdrückens durch Gemsleder lassen sich beide Amalgame trennen. Andere, nach der Bereitung teigartige, knetbare Amalgame werden bei längerem Stehen hart und eignen sich aus diesem Grunde als Ausfüllungsmittel beim Plombiren von Zähnen und für andere Zwecke.

Beispiele	Quecksilber	Zinn	Zink	Blei	Wismuth
Amalgam für das Reibzeug der Elektrisirmaschinen	2	1	1	—	—
oder	4	—	1	—	—
oder	8	3	—	5	8
Amalgam als Spiegelbelag	30	70	—	—	—
Desgl. für gekrümmte Spiegel	1	1	—	9	1
Desgl. für Glaskugeln	20	—	—	—	80
Metallkitt (Zahnkitt)	70	—	—	Kupfer 30	—

4) Literatur.

Einzelne Werke über Legirungen:

Karl Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie. Fünfte Auflage, herausgegeben von Ernst Hartig. Erster Band. Hannover 1875.

Dieses vortreffliche Werk enthält auf Seite 39 bis 71 zahlreiche Beispiele von Legirungen nebst Erläuterungen über ihre wichtigsten physikalischen Eigenschaften wie über ihre Bereitung.

Robert H. Thurston, Report on a preliminary Investigation of the Properties of the Copper-Tin Alloys, made under the direction of the Committee on metallic Alloys, United States Board to test Iron, Steel and other Metals. Washington 1879.

Ausführliche Beschreibung der in dem mechanischen Laboratorium der Ingenieur-Abtheilung des Stevens Institute angestellten umfangreichen Versuche über Kupferzinnlegirungen sowie eine gedrängte Uebersicht über die Eigenschaften der Legirungen im Allgemeinen und zahlreiche Literaturnachweise.

Carl Bischoff, Das Kupfer und seine Legirungen. Berlin 1865.

Wagner, Die Metalle und ihre Verarbeitung. Leipzig 1866. Enthält Beispiele von Legirungen.

A. Guettier, Guide pratique des alliages métalliques. Paris 1865.

Muspratt's Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe. Frei bearbeitet von F. Stohmann und Bruno Kerl. Dritte Auflage. Braunschweig 1877.

Im vierten Bande dieses Handbuchs, S. 134 bis 258, findet sich eine ausführliche Abhandlung über die Legirungen des Kupfers, Goldes, Silbers, Zinns, Zinks, Nickels u. a. mit zahlreichen Beispielen.

Karl Künzel, Ueber Bronzelegirungen und ihre Verwendung für Geschützrohre und technische Zwecke. Dresden 1875. Eine Darlegung der wichtigsten Eigenschaften der Bronzelegirungen mit besonderer Hervorhebung der Vorzüge der Phosphorbronze.

F. Wibel, Die Kultur der Bronzezeit Nord- und Mitteleuropas. Kiel 1865. Zahlreiche Analysen vorhistorischer Bronzen.

E. v. Bibra, Ueber alte Eisen- und Silberfunde. Nürnberg und Leipzig 1873. Analysen alter Silbergeräthe enthaltend.

Abhandlungen aus Zeitschriften.

a. Ueber Legirungen im Allgemeinen, ihre Constitution rc.

F. Crace Calvert and Richard Johnson, On Alloys. Reports of the British Association for the advancement of science. 2. 1855, p. 50; Philosophical Magazine vol. 10, 1855, p. 240 bis 251; Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences. Tome 41, p. 529 bis 532; Erdmann's Journal für praktische Chemie (fortgesetzt von H. Kolbe), Band 67, S. 212 bis 216; Dingler's Polytechnisches Journal, Bd. 138, S. 282.

A. Matthiessen, Report on the Chemical Nature of Alloys. Reports of the British Association. 1863. I, p. 37—48.

Derselbe, On Alloys. Journal of the Chemical Society, vol. 5, p. 207; Dingler's Polytechnisches Journal, Bd. 184, S. 241; Polytechnisches Centralblatt 1867, Seite 914.

Rieffel, Memoire sur les combinaisons chimiques du cuivre avec l'étain. Comptes rendus, t. 37, p. 450; Erdmann's Journal, Bd. 60, Seite 370.

L. Phipson, Plötzliche Temperaturerniedrigung beim Zusammenschmelzen gewisser Metalle. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 181, S. 333; aus Les Mondes, t. II, p. 297.

b. Ueber Saigerung.

Levol, Memoire sur les alliages metalliques considérés sans le rapport de leur composition chimique. Annales de chimie et de physique, série 3, t. XXXVI, p. 196, t. XXXIX, p. 163; Erdmann's Journal Bd. 60, S. 449.

Roberts, On the Liquation, Fusibility and Density of certain Alloys of Silver and Copper. Proceedings of the Royal Society etc. at London, vol. 23 (1875), p. 481—495; Annales de chimie et de physique, série 5, t. XIII, p. 111.

Alfr. Riche, Recherches sur les alliages. Comptes rendus, t. 67, p. 1138, t. 69, p. 343.

Derselbe, Recherches sur les alliages. Annales de chimie et de physique, série 4, t. XXX (1873), p. 351—419; Dingler's Polyt. Journal Bd. 213, S. 150, 342, 514, 540; Bd. 214, S. 153, 243, 305.

J. T. Smith, On the Liquation of Alloys of Silver and Copper. Proceedings of the Royal Society etc. at London, vol. 23, p. 433—435.

c. Ueber Dichtigkeit.

F. Crace-Calvert and Johnson. On the Specific Gravities of Alloys. Phil. Mag. vol. 18 (1859), p. 354—359; Liebig's Jahresbericht über die Fortschritte der reinen ꝛc. Chemie, 1859, S. 120.

P. A. Bolley und G. Pillichody, Ueber einige physikalische Eigenschaften der Legirungen von Zinn und Blei. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 162, S. 217; Polyt. Centralblatt 1862, S. 88.

A. Matthiessen, Note on Professor Bolley's communication „On some Physical Properties of the Alloys of Tin and Lead." Journal of the Chemical Society, vol. 15 (1862), p. 105. Es wird nachgewiesen, daß die von Bolley gefundenen Werthe der specifischen Gewichte nicht ganz richtig sind; vergl. oben S. 10.

Derselbe, On the Specific Gravities of Alloys. Philosophical Transactions 1860, p. 177—184; Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Bd. 110, S. 21 bis 37. Zahlreiche Bestimmungen von Matthiessen, Holzmann u. A.

Alfr. Riche, Recherches sur les alliages métalliques. Comptes rendus, t. 55, p. 143; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 170, S. 113.

Derselbe, Recherches sur les alliages, Ann. d. chim. et d. phys.; siehe oben unter b.

Roberts, On the Liquation etc., siehe oben unter b.

K. Karmarsch, Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeit der Volumensänderungen bei Metalllegirungen. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 226, S. 335.

von Hauer, Ueber Cadmiumlegirungen. Erdmann's Journal, Bd. 94, S. 436.

d. Ueber Krystallisation.

Rammelsberg, Ueber krystallisirte Zinnhüttenproducte und krystallisirte Legirungen im Allgemeinen. Poggendorff's Annalen, Bd. 120, S. 54 bis 62.

J. P. Cooke, On Stibiotrizincyle and Stibiobizincyle. American Journal of Arts and Science, vol. 18, p. 229—237; vol. 20, p. 222—238; Erdmann's Journal, Bd. 64, S. 90.

Derselbe, Crystalline Form not necessarily an Indication of definite Chemical Composition. Philosophical Magazine vol. 19, p. 405—416; Erdmann's Journal, Bd. 80, S. 411 bis 418.

Frank H. Stover, On the Alloys of Copper and Zinc. Chemical News, vol. 2 (1860), p. 303; vol. 3 (1861), p. 22, 37, 51, 70, 149, 164; Erdmann's Journal, Bd. 72 (1861), S. 239.

A. Matthiessen and M. von Bose, On some Gold-Tin Alloys. Proceedings of the Royal Society, vol. 11, p. 433; Erdmann's Journal, Bd. 84 (1861), S. 319.

e. Ueber Festigkeit.

Rob. Mallet, Chemical and Physical Properties of the Atomic Alloys of Copper and Zinc, and Copper and Tin. Philosophical Magazine, series 1, vol. 21 (1842), p. 66; Dingler's polyt. Journal, Bd. 85, S. 378.

M. G. Wertheim, De l'élasticité et de la tenacité des alliages. Comptes rendus t. 15 (1842), p. 110; t. 16 (1845), p. 998.

K. Karmarsch, Festigkeit der Metalldrähte. Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins 1859, S. 137.

R. H. Thurston, The strongest of the bronzes. A newly discovered alloy of maximum strength. Transactions of the American Society of Civil Engineers, vol. X (1881), p. 1.

f. Ueber Härte.

F. C. Calvert and R. Johnson, On the Hardness of Metals and Alloys. Philos. Magazine, series IV, vol. 17 (1859), p. 114; Poggendorff's Annalen, Bd. 118, S. 575; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 152, S. 129.

Rob. Mallet, Chemical and Physical Properties etc., siehe oben unter e.

Alfr. Riche, Recherches etc., Annales de chimie et de physique, serie IV, t. XXX; siehe oben unter b.

g. Ueber Schmelztemperaturen.

P. A. Bolley und G. Pillichody, Ueber einige physikalische Eigenschaften etc.; siehe oben unter c.

Roberts, On the Liquation etc.; siehe oben unter b.

C. C. Person, Sur la chaleur spécifique anomale de certains alliages et sur leur réchauffement spontané après la solidification. Comptes rendus, t. 25, p. 444; Liebig's Annalen, Bd. 64 (1847), S. 179.

Wood, New fusible Metal. Phil. Mag. series IV, vol. 20, p. 403; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 158, S. 376.

Grehm, Bestimmung der Erweichungs- und Schmelzpunkte von Bleizinnlegirungen. Polyt.-Centralblatt 1874, S. 923; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 214, S. 496.

Th. Erhard und A. Schertel, Die Schmelzpunkte der Princep'schen Legirungen. Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen auf das Jahr 1879, S. 154.

G. Wiedemann, Ueber die mehrfachen Schmelzpunkte der Legirungen. Poggendorff's Annalen, Bd. 239, S. 244.

h. Ueber die Ausdehnung durch die Wärme.

F. C. Calvert, On the Expansion of Metals, Alloys and Salts. Rep. of the British Association 1858, 2, p. 46; Liebig's Jahresber. 1859.

F. C. Calvert and G. C. Lowe, On the Expansion of Metals and Alloys. Chemical News, vol. 3 (1861), p. 315, 357, 371; Phil. Magazine, series IV, vol. 20, p. 230.

A. Matthiessen, On Alloys. Siehe oben unter a; auch Poggend. Annalen, Bd. 130, S. 50.

G. Wiedemann, Ausdehnung der Rose'schen Legirung. Poggend. Annalen, Bd. 238, S. 237.

i. Ueber die specifische Wärme.

M. V. Regnault, Sur les chaleurs spécifiques des corps composés solides et liquides. Annales de Chimie et de Physique 1841, p. 129. Erdmann's Journal, Bd. 25, S. 129.

A. Matthiessen, On Alloys. Siehe oben unter a.

k. Ueber Wärmeleitungsfähigkeit.

F. C. Calvert and R. Johnson. On the relative Power of Metals and Alloys to conduct Heat. Phil. Mag. series IV, vol. 16, p. 381; Dingl. Polyt. Journal, Bd. 152, S. 125; Bd. 153, S. 285.

G. Wiedemann, Ueber die Leitungsfähigkeit einiger Legirungen für Wärme und Elektricität. Poggend. Annalen, Bd. 108 (1859), S. 393.

l. Ueber Leitungsfähigkeit für Elektricität.

G. Wiedemann und R. Franz, Ueber die Wärmeleitungsfähigkeit Metalle, Poggend. Annalen, Bd. 89, S. 497 bis 531.

G. Wiedemann, Ueber die Leitungsfähigkeit &c. siehe oben unter k.

A. Matthiessen, On the Electric Conducting Power of Alloys. Phil. Transactions 1860, p. 161; Proceedings of the Roy. Soc., vol. 10, p. 205; Phil. Magazine, ser. IV, vol. 20, p. 63; Poggend. Annalen, Bd. 110, S. 190 bis 221.

Derselbe, Report etc. siehe oben unter a.

A. Matthiessen and M. Holzmann. On the Effect of the Presence of the Metals and Metalloids on the Electric Conductivity of Pure Copper. Phil. Transactions 1860, p. 85; Poggend. Annalen, Bd. 110, S. 222.

m. Ueber Farbe.

R. Mallet, Chemical and Physical Properties etc., siehe oben unter e.

Alfr. Riche, Recherches etc., Ann. de chim. et de phys., siehe oben unter b.

A. Guettier, Praktische Untersuchungen über technische Metalllegirungen. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 114, S. 283.

n. Ueber Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse.

F. C. Calvert and R. Johnson, Action of Acids upon Metals and Alloys. Journ. of the Chem. Soc., vol. 19 (1866), p. 434—454.

F. C. Calvert und R. Johnson, Ueber die Wirkungen des Seewassers auf gewisse Metalle und Metalllegirungen. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 180, S. 301 (aus dem London Journal of Arts, Mai 1865, p. 296).

A. Wagner, Ueber den Einfluß der verschiedenen Lösungen auf Metalle. Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1876, S. 1; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 221, S. 259.

J. Schuler, Ueber Patina auf vorhistorischen Bronzeringen, Dingl. Polyt. Journal, Bd. 232, S. 335.

Ueber den Einfluß verschiedener Flüssigkeiten auf Zinnbleilegirungen finden sich Abhandlungen in folgenden Zeitschriften:

Dingler's Polyt. Journal, Bd. 122, S. 62 (Pohl),
" " " " 172 " 155 (Reichelt),
" " " " 189 " 428 (Phlo),
" " " " 216 " 328 (Bauer),
" " " " 220 " 446 (Knapp),
" " " " 232 " 153 (Weber),
Deutsche Industriezeitung 1865, S. 425 (Roussin),
" " 1871 " 85 (Pleischl).

Ueber die Einwirkung von Schwefelsäure auf Bleiantimonlegirungen (Planitz). Dingler's Polyt. Journal, Bd. 215, S. 443.

Dr. P. Bolley, Ueber die Sauerstoffaufnahme der Zinnbleilegirungen. Schweizerische Polytechnische Zeitschrift, Bd. 11, S. 120; Dingler's Polytechnisches Journal, Bd. 182, S. 78.

o. Ueber einzelne Legirungen.

Bronzen:

Erdmann's Journal für praktische Chemie, Bd. 34, S. 456; Bd. 37, S. 255; Bd. 40, S. 371; Bd. 41, S. 284; Bd. 60, S. 91, 813; Bd. 69, S. 444; Bd. 71, S. 213; Bd. 101, S. 139; Bd. 106, S. 312.

Liebig's Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 62, S. 85; Bd. 81, S. 206.

Annales de chimie et de physique, t. 54, p. 331.

Polytechn. Centralblatt 1855, S. 69, 72; 1859, S. 709; 1860, S. 33; 1871, S. 1449; 1873, S. 103.

Dingler's Polyt. Journal Bd. 129, S. 438; Bd. 135, S. 269; Bd. 136, S. 458; Bd. 138. S. 290; Bd. 159, S. 211; Bd. 162, S. 173, 313, 370; Bd. 163, S. 463; Bd. 188, S. 138; Bd. 195, S. 75; Bd. 209, S. 186; Bd. 213, S. 359; Bd. 216, S. 88; Bd. 217, S. 482; Bd. 220, S. 477; Bd. 232, S. 281.

Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins 1859, S. 105.

Comptes rendus, t. 70, p. 85; t. 73, p. 530, 1468; t. 78, p. 811; t. 80, p. 1009; t. 87, p. 751.

Philosophical Magazine, vol. 23 (1862), p. 181.

Zeitschr. d. Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen, Jahrg. 43, S. 28; Verhandlungen, Jahrg. 1864, S. 271, 1865, S. 175.

Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1868, S. 376; 1874, S. 323; 1875, S. 353.

Revue universelle des mines, t. 35, p. 595.

Wieck's Gewerbezeitung 1869, S. 320.

Kupferzinklegirungen.

Dingl. Polyt. Journal, Bd. 113, S. 434; Bd. 156, S. 141; Bd. 158, S. 273; Bd. 160, S. 35, 39; Bd. 166, S. 156; Bd. 170, S. 39; Bd. 174, S. 138.

Polyt. Centralblatt 1848, S. 352, 954; 1850, S. 533; 1858, S. 1450; 1860, S. 99; 1862, S. 616.

Deutsche Industriezeitung 1865, S. 333.

Metallarbeiter 1881, S. 105.

Aluminiumbronze.

Comptes rendus, t. 64, p. 1097; daraus in Dingler's Polyt. Journal Bd. 185, S. 36.

Polyt. Centralblatt 1862, S. 1337; 1864, S. 312; 1869, S. 133.

Zeitschr. d. Vereins z. Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen, Jahrg. 1864, S. 119.

Dingl. Polyt. Journal, Bd. 143, S. 42; Bd. 152, S. 188; Bd. 166, S. 427; Bd. 167, S. 432; Bd. 169, S. 231; Bd. 171, S. 434; Bd. 214, S. 247.

Wieck's Gewerbezeitung 1869, S. 50.

Scientific American, vol. 4, p. 311.

Zeitschrift für Blechindustrie 1878, S. 105.

Armengand, Genie industriel, Oct. 1866, p. 220; daraus in Dingl. Polyt. Journal, Bd. 182, S. 306.

Goldlegirungen.

Dingler's Journal, Bd. 167, S. 288; Bd. 183, S. 289 (R. Pumpelly, Ueber japanesische Metalllegirungen — Goldkupfer, Silberkupfer, Messing u. a.).

Polyt. Centralblatt 1874, S. 1096.

Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1881, S. 139 (C. Zincken, Ueber die Metallarbeiten in den Akropolisgräbern zu Mykenä).

Silberlegirungen.

Comptes rendus, t. 35, p. 759; t. 58, p. 645; t. 87, p. 751.

Dingl. Polyt. Journal, Bd. 134, S. 215; Bd. 161, S. 396; Bd. 172, S. 433; Bd. 187, S. 356; Bd. 193, S. 258; Bd. 232, S. 281.

Metallarbeiter 1881, S. 6.

Eug. Peligot, Ueber die Legirungen von Silber und Zink. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 172, S. 433, aus den Comptes rendus, t. 58, p. 645.

J. Häberlein, Versuche über Legirungen von Silber mit Zink. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 189, S. 267.

Nickellegirungen.

Dingl. Polyt. Journal, Bd. 92, S. 338; Bd. 103, S. 234; Bd. 193, S. 434.
Poggendorff's Annalen, Bd. 8, S. 103; Bd. 139, S. 507.
Deutsche Industriezeitung 1869, S. 238.
Bayerisches Kunst- und Gewerbeblatt 1865, S. 57.

Manganlegirungen.

Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen 1879, S. 106.
Dingl. Polyt. Journal, Bd. 177, S. 303 (Prieger, Die Fabrikation des Eisenmangans und des Kupfermangans); Bd. 198, S. 517 (J. F. Allen, Ueber Legirungen von Kupfer, Zinn, Zink und Blei mit Mangan; aus Chemical News, vol. XII, p. 194); Bd. 209, S. 194 (J. Percy, Ueber die Verwendung von Manganmetall als Ersatz für das Nickel im Argentan; aus Chemical News, vol. XXVII, p. 249); Bd. 210, S. 355 (A. R. v. Schrötter, Ein Beitrag zur Geschichte der Manganlegirungen; aus den Sitzungsberichten der k. k. Akademie der Wissenschaften, 2. Abtheilung, 1871).
Deutsche Industriezeitung 1870, S. 155; 1876, S. 508.
Polyt. Centralblatt 1870, S. 936; 1871, S. 47.
Chemisches Centralblatt 1876, S. 576.
Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1878, S. 184.
Reports of the British Association 1870, 2, p. 50.
Metallarbeiter 1880, S. 23, 114.

Eisenlegirungen.

Dingler's Polyt. Journal, Bd. 228, S. 430; Bd. 211, S. 485.
Poggendorff's Annalen, Bd. 120, S. 57.
Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen 1879, S. 106.
Polyt. Centralblatt 1868, S. 982.

Platinlegirungen.

Annales de chimie et de physique, t. 89, p. 135.
Comptes rendus, t. 78, p. 1502.
Dingler's Polyt. Journal, Bd. 213, S. 337; Bd. 211, S. 155; Bd. 153, S. 38; Bd. 108, S. 396.

Weißguß. Britanniametall.

Zeitschr. des Niederösterr. Gewerbevereins 1849, S. 306; 1853, S. 3.
Mitth. d. Hannoverschen Gewerbevereins 1853, S. 149; 1854, S. 201.
Polyt. Centralblatt 1850, S. 1511; 1860, S. 33; 1861, S. 1303.
Dingler's Polyt. Journal, Bd. 114, S. 236; Bd. 127, S. 398; Bd. 132, S. 319; Bd. 161, S. 73; Bd. 167, S. 463; Bd. 168, S. 74; Bd. 177, S. 326; Bd. 229, S. 395; Bd. 236, S. 347.
Wieck's Gewerbezeitung 1870, S. 16.
Praktischer Maschinenconstructeur 1871, S. 152.
Metallarbeiter 1880, S. 166.
Scientific American 1856, p. 326.

Bleilegirungen.

Dingler's Polyt. Journal, Bd. 182, S. 358 (H. Wagner, Ueber verschiedene billige und bewährte Metallcompositionen zur Anfertigung von Lagern für Dampf- und andere Maschinen; aus dem Gewerbeblatt für das Großherzogthum Hessen 1866, Nr. 36).

Zinklegirungen.

Dingl. Polyt. Journal, Bd. 132, S. 319; Bd. 161, S. 73; Bd. 162, S. 394; Bd. 236, S. 347.

Amalgame.

Dingl. Polyt. Journal, Bd. 109, S. 444; Bd. 115, S. 397, 466; Bd. 143, S. 351; Bd. 158, S. 376; Bd. 169, S. 398; Bd. 194, S. 450.

Polytechnisches Centralblatt 1857, S. 351; 1868, S. 1187.

Erdmann's Journal, Bd. 70, S. 64.

Liebig's Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 70, S. 344

Wieck's Gewerbezeitung 1863, S. 228; 1869, S. 23.

Zweiter Abschnitt.

Die mechanische Verarbeitung.

Wenn aus einem rohen Metallblocke ein Gebrauchsgegenstand von bestimmter Form und bestimmten Abmessungen gefertigt werden soll, so muß offenbar eine Formveränderung stattfinden, beruhend auf einer bleibenden Aenderung in der Lage der Molecüle des Metallstücks und nur auf mechanischem Wege erreichbar.

Es giebt zwei Methoden, um bei Metallen solche Formveränderungen durch Umlagerung der Molecüle hervorzubringen.

Bei der einen dieser Methoden wird das Metall im flüssigen Zustande Einflüssen ausgesetzt, welche beim Erstarren seine Neugestaltung bewirken — Formgebung durch Gießen.

Bei der zweiten Methode wird das Metall im ungeschmolzenen, häufig aber in einem durch Erhitzung hervorgerufenen weicheren, bildsameren Zustande durch Einwirkung äußerer mechanischer Kräfte — Druck, Zug &c. — der Umformung unterworfen — Formgebung durch Dehnung, oder allgemein Formgebung im ungeschmolzenen Zustande [1]).

Der größere Verbrauch an Wärme in dem einen dieser beiden Fälle, der Verarbeitung durch Gießen, wird mithin in dem anderen Falle durch einen Aufwand an mechanischer Arbeit ersetzt; und je stärker bei der Verarbeitung durch Dehnung das Metall erhitzt war, desto geringer pflegt der mechanische Arbeitsverbrauch für eine bestimmte Formveränderung zu sein, bis schließlich bei gesteigerter Erhitzung jener Zeitpunkt eintritt, wo das Metall flüssig wird. Indem man

---

[1]) Eine dritte Art der Formgebung, welche weniger eine Umformung des rohen Metallblocks als vielmehr eine letzte Vollendung der Form anstrebt: Formgebung durch Trennung (Schneiden, Hobeln, Drehen &c. &c.), beruht nicht sowohl auf einer Umlagerung der Molecüle als vielmehr auf einer Lostrennung einzelner Theilchen vom Ganzen. Sie ist rein mechanischer Natur und fällt demgemäß in einem Handbuche der chemischen Technologie außer Betracht.

also an Stelle der in dem einen Falle verbrauchten Wärme gemäß dem mechanischen Arbeitsäquivalente derselben (1 Wärmeeinheit = 414 kgm) Arbeit einschaltet oder umgekehrt, erhält man die Möglichkeit eines Vergleichs beider Methoden hinsichtlich des erforderlichen Arbeits- oder Wärmeverbrauchs für die nämliche Formveränderung.

Dennoch entscheidet weniger ein solcher Vergleich für die Anwendung der einen oder anderen Methode, sondern vielmehr die relative Verarbeitungsfähigkeit des in jedem einzelnen Falle benutzten Metalls bezüglich jener Methoden; und diese Verarbeitungsfähigkeit ist abhängig von den sogenannten Arbeitseigenschaften der Metalle, welche unten als Grundlage für die Besprechung der einzelnen Methoden ausführlichere Erörterung finden werden.

Gemäß dieser verschiedenen Verarbeitungsfähigkeit lassen sich die technisch verarbeiteten Metalle in mehrere Gruppen sondern.

Nur gießbar sind:

Gußeisen,
Bronzen mit reichem Zinngehalte,
Antimonblei und Antimonzinn mit reichem Antimongehalte (Hartblei, Weißguß).

Sowohl zur Verarbeitung durch Gießen als durch Dehnung geeignet sind:

Zink,
Zinn,
Blei,
Stahl,
Kupferzinklegirungen mit einem Zinkgehalte bis 50 Proc.,
Bronzen mit einem Zinngehalte bis höchstens 20 Proc. Zinn,
Kupfernickel- und Kupfernickelzinklegirungen (Neusilber),
Zinnbleilegirungen,
Zinnantimonlegirungen mit geringerem Antimongehalte (Britanniametall),
Aluminiumbronze mit höchstens 10 Proc. Aluminium,
Gold- und Silberlegirungen mit Kupfer.

Weniger gut gießbar als durch Dehnung verarbeitbar sind:

Kupfer,
Gold,
Silber,
Nickel,
Aluminium,
Platin,
Schmiedeeisen.

Andere Metalle, wie z. B. Wismuth, Cadmium, Antimon, Mangan, Iridium u. a. m. werden im reinen Zustande überhaupt nicht zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet, sondern lediglich als Zusätze in Legirungen verwendet, und sind deshalb in vorstehender Eintheilung nicht mit aufgeführt.

Im Allgemeinen ist ein jedes Metall um so weniger gut gießbar, je dünner die Querschnitte des herzustellenden Gebrauchsgegenstandes sind und je schärfer die Umrisse desselben ausfallen sollen, während umgekehrt durch geringe Abmessung

der Querschnitte die Verarbeitung im ungeschmolzenen Zustande erleichtert, der Bedarf an mechanischen Hülfsmitteln dafür abgemindert wird. Daher findet man nicht selten, daß bei der Verarbeitung eines und desselben Metallstücks beide Methoden nach einander zur Anwendung gelangen; zuerst eine Formgebung durch Gießen und alsdann eine Verdünnung der hierbei erhaltenen Querschnitte oder auch Vervollkommnung der Umrisse durch Dehnung.

Ein jeder in mechanischer Verarbeitung befindliche Körper wird Arbeitsstück genannt.

I. Die Formgebung durch Gießen.

In den allermeisten Fällen wird für diese Formgebung eine sogenannte Gußform benutzt, d. h. ein ringsum geschlossener oder nur an der oberen Seite offener Behälter von bestimmter Form für die Aufnahme des flüssigen Metalls, welches innerhalb desselben erstarrt, so daß die äußeren Begrenzungen des gegossenen und erkalteten Metalls — des Abgusses oder Gußstücks — genau mit den inneren Begrenzungen der Gußform übereinstimmen. Nur in einzelnen Fällen lassen sich auch ohne eigentliche Gußform bestimmte einfache Formen aus dem geschmolzenen Metalle bilden. So z. B. benutzt man in der Schrotgießerei das Bestreben tropfenförmiger Körper, Kugelgestalt anzunehmen, indem man das geschmolzene Metall, in Tropfen vertheilt, aus einer solchen Höhe herabfallen läßt, daß es erstarrt unten anlangt; zur Herstellung der sogenannten Zinnbrillanten in den Zinngießereien bedient man sich statt einer eigentlichen Gußform eines Glasstempels mit geschliffenen Flächen, welcher in die nur wenig über ihren Schmelzpunkt erhitzte Bleizinnlegirung eingetaucht wird. Es setzt sich sofort ein dünnes Häutchen erstarrten Metalls an den Stempel an, welches nach dem Ablösen von demselben an den inneren Flächen einen getreuen Abdruck desselben mit außerordentlichem Glanze bildet. Immerhin lassen sich derartige Kunstgriffe nur zur Anfertigung bestimmter Specialartikel in Anwendung bringen.

Das Gießen der Metalle erfolgt entweder unmittelbar nach ihrer Herstellung, so lange sie sich noch in dem flüssigen Zustande befinden, in welchem die meisten derselben bei der Abscheidung aus den Erzen, bei den erforderlichen Raffinationsprocessen zc. gewonnen werden; oder man unterwirft sie einem erneuten Umschmelzen in besonderen Apparaten. Letzterer Weg, obschon der umständlichere, ist der häufigere für Herstellung bestimmter Gebrauchsgegenstände, da einestheils gewöhnlich die Darstellung und die Verarbeitung der Metalle vollständig getrennte Gewerbszweige bilden, und da anderentheils man nur auf diese Weise die Möglichkeit erhält, sowohl die Menge als die Beschaffenheit des zu schmelzenden Metalls dem jedesmaligen Bedürfnisse anzupassen, Legirungen von bestimmter Zusammensetzung zu bilden, u. s. f.

1) Die Arbeitseigenschaften der Metalle hinsichtlich ihrer Verwendung zur Gießerei.

a. Schmelzbarkeit.

Der Ausdruck Schmelzbarkeit wird in zweifachem Sinne gebraucht. Sehr häufig bezieht man ihn im gewöhnlichen Leben und bisweilen auch bei wissenschaftlichen Arbeiten lediglich auf die Schmelztemperatur und bezeichnet einen Körper als um so leichter schmelzbar, je niedriger sein Schmelzpunkt liegt; im engeren Sinne jedoch ist die Schmelzbarkeit abhängig von der Wärmemenge, welche der Körper aufzunehmen hat, um aus der Temperatur von Nullgrad auf die Schmelztemperatur erhitzt und geschmolzen zu werden, und es verhält sich demnach die Schmelzbarkeit zweier Körper umgekehrt wie jene Wärmemengen. Ein Metall mit hoher Schmelztemperatur bedarf, um geschmolzen zu werden, eines Brennstoffs von entsprechend hohem pyrometrischem Wärmeeffecte, bei dessen Verbrennung jene Temperatur erzeugt wird [1]; ein Metall dagegen, welches im engeren Sinne schwerschmelzbar ist, aber eine niedrigere Schmelztemperatur als jenes besitzt, kann mit einem Brennstoffe von entsprechend niedrigerem pyrometrischen Wärmeeffecte geschmolzen werden, sofern nur die ausreichende Menge desselben verbrannt wird, um die erforderliche Wärmemenge zu liefern.

Die Schmelzbarkeit im engeren Sinne ist offenbar abhängig:

erstens von der specifischen Wärme des betreffenden Körpers (Metalls);
zweitens von der Schmelztemperatur desselben;
drittens von der Schmelzungswärme (latenten Wärme), welche zur Aenderung des Aggregatzustandes verbraucht wird.

Bezeichnet

s die specifische Wärme,
t die Schmelztemperatur,
l die Schmelzungswärme per Gewichtseinheit (1 kg),

so ist die erforderliche Wärmemenge zum Schmelzen von 1 kg des betreffenden Körpers

$$W = st + l,$$

und da die Schmelzbarkeit sich umgekehrt wie die zum Erhitzen und Schmelzen verbrauchte Wärmemenge verhält, so würde sich die Schmelzbarkeit durch den Werth

$$S = \frac{1}{W} = \frac{1}{st + l}$$

ausdrücken lassen.

Sind die Ziffern für jene Eigenschaften bekannt, so läßt sich daraus ohne Schwierigkeit die relative Schmelzbarkeit eines Metalls ableiten; bekanntlich ändert

---

[1]) Bekanntlich ist die Verbrennungstemperatur unabhängig von der Menge der verbrannten Körper.

sich aber die specifische Wärme der Körper mit der Temperatur und ein zuverlässiger Durchschnittswerth der specifischen Wärme zwischen den Temperaturen von Nullgrad bis zum Schmelzpunkte ist nicht immer bekannt; auch die Schmelzungswärme der Metalle ist nur in einzelnen Fällen ermittelt. Dagegen kann man, ohne weiter auf jene Eigenschaften Rücksicht zu nehmen, unmittelbar die vom schmelzenden Metalle aufgenommene Wärmemenge finden, wenn man eine bestimmte Menge desselben in Wasser, dessen Menge und Temperatur zuvor ermittelt wurde, abkühlt und nun die Temperaturzunahme des Wassers mit Hülfe eines in Fünftel- oder Zehntelgrade getheilten Thermometers mißt.

Bezeichnet

c die bekannte specifische Wärme des Metalls in gewöhnlicher Temperatur;
t_1 die Temperatur des Wassers nach dem Eingießen des Metalls;
t die Temperatur des Wassers vor dem Eingießen;
P das Gewicht des Wassers;
p das Gewicht des eingegossenen Metalls,

so ist die vom schmelzenden Metalle innegehabte Wärmemenge:

$$W = c t_1 + \frac{P(t_1 - t)}{p}.$$

Man kann sich zu diesen Versuchen eines Weinhold'schen Calorimeters bedienen (beschrieben in der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, Jahrg. 1875, S. 16; auch in Dr. Jul. Post, Handbuch der chemisch-technischen Analyse, Braunschweig 1881, S. 56), in welches man ein siebartig durchlöchertes Gefäß aus dünnem Messingblech zur Aufnahme des flüssigen Metalls einhängt; oder, wenn man lieber mit größeren Metallmengen arbeitet, eines kupfernen Gefäßes bis zu 20 Liter Inhalt, umgeben von einer mit Flanell gefutterten Holzkiste, innerhalb dessen ein kleineres durchlöchertes Gefäß zur Aufnahme des Metalls dient, während ein kupferner Spatel zum Umrühren benutzt wird. In allen Fällen muß das Gewicht des Gefäßes ermittelt und das Product aus derselben mal seiner specifischen Wärme dem Gewichte des benutzten Wassers hinzugerechnet werden, damit auch die stattfindende Erwärmung des Gefäßes berücksichtigt werde.

In solcher Weise wurden für die vom schmelzenden Metalle aufgenommenen Wärmemengen folgende Werthe gefunden:

	Wärmemenge	Relative Schmelzbarkeit, diejenige des Bleies = 100 gesetzt
Blei (Ledebur)	14,0	100
Wismuth „	18,0	77
Zinn „	26,0	54
Zink „	62,0	22
Antimon „	65,0	21
Silber (berechnet)	77,0	18
Kupfer (Gruner)	165,0	8
Weißes Roheisen (Gruner) . . .	230,0	6
Graues „ „ . . .	245,0	6
Gußstahl „ „ . . .	300,0	4,5

Vergleicht man hiermit die Schmelztemperaturen der betreffenden Metalle (Bd. 7, S. 49), so erkennt man sofort, daß die Schmelzbarkeit in dem hier gebrauchten Sinne keineswegs immer in unmittelbarer Beziehung zu denselben steht; das Blei, obschon seine Schmelztemperatur um circa 100° C. höher liegt als die des Zinns und um 60° höher als die des Wismuths, ist doch leichter schmelzbar als diese; das Zink, dessen Schmelztemperatur mehr als 500° tiefer liegt als die des Silbers, ist doch fast ebenso schwer schmelzbar als dieses.

Einer Ermittelung der von schmelzenden Legirungen aufgenommenen Wärme stellen sich dieselben Schwierigkeiten entgegen, als der Ermittelung der Schmelztemperatur derselben. Es ist nicht immer möglich, mit Genauigkeit den Punkt festzustellen, wo die Legirung vollständig, aber ohne Ueberhitzung, geschmolzen ist. Versuche, von mir über die von einigen Zinn- und Bleilegirungen beim Schmelzen aufgenommenen Wärmemengen angestellt, ergaben folgende Werthe [1]).

Zinnbleilegirungen:

Zinngehalt	83,3	69,5	50 Proc.
Bleigehalt	16,7	30,5	50 „
Wärmemenge	21,5	21,0	18 Wärmeeinheiten.

Zinnantimonlegirungen:

Zinngehalt	90	82 Proc.
Antimongehalt	10	18 „
Wärmemenge	28	25,7 Wärmeeinheiten.

Bleiantimonlegirungen:

Bleigehalt	90	82 Proc.
Antimongehalt	10	18 „
Wärmemenge	13,8	15,6 Wärmeeinheiten.

Es zeigt sich, daß, wie die Schmelztemperaturen, so auch die zum Schmelzen erforderlichen Wärmemengen geringer sind als sie der Rechnung nach sein würden, wenn die legirten Metalle einfach gemengt wären.

b. Dünnflüssigkeit.

In je größerem Maße die Cohärenz der Molecüle eines flüssigen Metalls gelockert ist, desto dünnflüssiger ist dasselbe. Als höchstes Stadium der Dünnflüssigkeit kann man den gasförmigen Zustand des Metalls betrachten. Daher wächst im Allgemeinen die Dünnflüssigkeit mit der Temperatur, auf welche ein Metall über seinen Schmelzpunkt hinaus erhitzt wird.

Für die Verarbeitung durch Gießen ist die Dünnflüssigkeit eine nicht unwichtige Arbeitseigenschaft; denn je dünnflüssiger ein Metall oder — allgemein —

[1]) Die Schmelztemperaturen dieser Legirungen sind auf S. 46 angegeben.

irgend ein flüssiger Körper ist, desto schwächere Querschnitte lassen sich mit demselben ausfüllen, desto zartere Abgüsse aus demselben herstellen.

Die Gegenwart fremder Körper in den Metallen beeinflußt in erheblichem Maße deren Dünnflüssigkeit.

Geschmälert pflegt dieselbe zu werden: durch gelöste Oxyde (bei dem Kupfer, der Bronze, dem Zinn u. a.), woraus es sich erklärt, daß frisch dargestellte Metalle und Legirungen dünnflüssiger zu sein pflegen als mehrmals umgeschmolzene; beim Gußeisen durch einen Schwefelgehalt wie durch einen übermäßigen Kohlenstoffgehalt.

Erhöht pflegt die Dünnflüssigkeit zu werden: durch Legirung im Allgemeinen, theils unmittelbar, theils in Folge der dadurch mitunter veranlaßten Zerstörung gelöster Oxyde, theils auch wohl in Folge der häufig eintretenden Erniedrigung der Schmelztemperatur (fast alle Kupferlegirungen sind dünnflüssiger als reines Kupfer, bleihaltiges Zinn dünnflüssiger als reines, Neusilber dünnflüssiger als Nickel u. s. f.); durch einen geringen Phosphorgehalt, welcher ebenfalls theils unmittelbar, theils als Reductionsmittel für Oxyde seine Wirkung äußert (ein phosphorhaltiges Gußeisen ist weit dünnflüssiger als phosphorfreies und man sieht deshalb für die meisten Verwendungen des Gußeisens einen Phosphorgehalt, welcher nicht erheblich über 1 Proc. hinausgeht, nicht ungern; die größere Dünnflüssigkeit der Phosphorbronze wird als besonderer Vorzug derselben gerühmt); bisweilen durch einen mäßigen Siliciumgehalt (Gußeisen mit 1 bis 2 Proc. Silicium ist dünnflüssiger als weißes, d. h. siliciumfreies Eisen u. s. f.).

Auch die Art und Weise des Flüssigwerdens eines Metalls steht mit der Dünnflüssigkeit in Beziehung. Metalle, welche einen breiartigen Zustand durchlaufen, pflegen weniger dünnflüssig zu werden, als solche, welche plötzlich die flüssige Form annehmen.

c. Die Schwindung.

Man versteht unter Schwindung eines Körpers die Verringerung seines Rauminhalts oder auch seiner einzelnen Längen-, Breiten- und Dickenabmessungen bei seinem Uebergange vom flüssigen bis zum erkalteten Zustande; das Maß dieser Schwindung ist von drei anderen Eigenschaften abhängig: von dem mittleren Ausdehnungscoefficienten des starren Metalls in den Temperaturen bis zur eintretenden Schmelzung; von der Schmelztemperatur und von der Ausdehnung, welche sehr viele flüssige Körper im Augenblicke des Erstarrens erleiden. Wie das Eis auf dem Wasser, so schwimmen die meisten starren Metalle auf den geschmolzenen, sobald ihre Temperatur sich dem Schmelzpunkte nähert (vergl. Anmerkung auf S. 10). Je größer der Ausdehnungscoefficient des starren Metalls, je höher die Schmelztemperatur und je geringer jene Ausdehnung beim Uebergange in den festen Zustand ist, desto größer wird die Schwindung sein. Umgekehrt kann der Fall vorkommen, daß, wenn die von dem Ausdehnungscoefficienten und der Schmelztemperatur abhängige totale Zusammenziehung des erkaltenden Metalls nach dem Erstarren nicht bedeutender ist als jene stattgehabte

Ausdehnung **beim** Erstarren, die Schwindung gleich Null ist, die Abmessungen des erkalteten Abgusses mithin nicht geringer sind als diejenigen des flüssigen Metalls, d. h. der Gußform; oder daß sogar der Abguß größer ist als diese, sofern er sich frei ausdehnen konnte.

Die Ziffer, welche angiebt, wie viel des ursprünglichen Rauminhalts beziehentlich der ursprünglichen Abmessungen diese Verkleinerung beträgt, heißt **Schwindungscoefficient**. Man unterscheidet einen **cubischen** Schwindungscoefficienten, welcher die Abnahme des Rauminhalts angiebt, und einen **linearen**, bezogen auf jede einzelne Abmessung. In der Praxis kommt fast nur der lineare Schwindungscoefficient zur Anwendung. Ist derselbe bekannt, so läßt sich der cubische annähernd genau durch Multiplication des linearen mit der Zahl 3 ermitteln [1]).

Es ist selbstverständlich, daß bei Herstellung von Gußformen die inneren Abmessungen derselben um das Maß der jedesmaligen Schwindung größer genommen werden müssen als diejenigen des fertigen Abgusses.

Aber in noch vielfacher anderer Weise beeinflußt der Vorgang der Schwindung das Gelingen eines Gusses, und manche beim Gießen bemerkbare und auf den ersten Blick auffallende Erscheinungen finden eine einfache Erklärung, wenn man sie auf die natürlichen Vorgänge während der Schwindung zurückführt.

Da die Abkühlung und Erstarrung eines Gußstücks von außen nach innen fortschreitet, eine äußere Kruste bereits erstarrt und geschwunden ist, während im Innern sich noch flüssiges Metall befindet, so muß, wenn nun auch das letztere schwindet, ein Hohlraum oder mehrere benachbarte Hohlräume — ein Vacuum — entstehen. Solche Hohlungen — man kann sie zum Unterschiede von anderen in den Gußstücken auftretenden Hohlräumen, deren Entstehungsursachen unter d Erläuterung finden werden, Schwindungshohlungen nennen — finden sich daher

---

1) Es sei
v der Rauminhalt des Körpers vor dem Schwinden,
v_1 „ „ „ „ nach „ „
a die eine Seite „ „ vor „ „
a_1 „ „ „ „ „ nach „ „
s der lineare, s_1 der cubische } Schwindungscoefficient,

so ist
1) $a_1 = a\,(1 - s)$
2) die gesammte cubische Schwindung $s_1 v = v - v_1$; also

$$s_1 = \frac{v - v_1}{v} = 1 - \frac{v_1}{v}.$$

Da sich die Cubikinhalte ähnlicher Körper wie die Cuben gleichliegender Seiten verhalten, so ist

$$3)\ \frac{v_1}{v} = \frac{a_1^3}{a^3} = \frac{[a\,(1-s)]^3}{a^3} = (1-s)^3 = 1 - 3s + 3s^2 - s^3;$$

also nach Gleichung 2)

$$s_1 = 1 - \frac{v_1}{v} = 3s - 3s^2 + s^3.$$

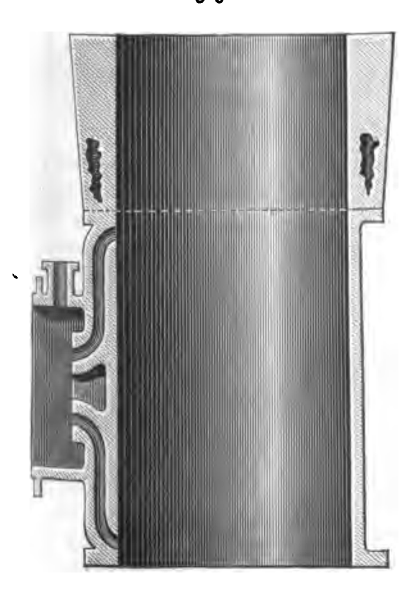
Bei der Kleinheit von s kann man den Werth $-3s^2 + s^3 =$ Null setzen; es ist dann

$$s_1 = 3s.$$

in jedem gegossenen Metallblocke an derjenigen Stelle, wo das letzte flüssige Metall sich befand; ihre Größe ist abhängig von dem Durchmesser und der Form des Gußstücks, wie von dem Schwindungscoefficienten des Metalls und schwankt von mikroskopischer Kleinheit bis zu 1000 ccm Inhalt; sie sind gekennzeichnet durch eine krystallinische Form ihrer Wandungen und nicht selten sogar durch das Vorhandensein schön ausgebildeter Krystalle, so daß sie als förmliche Krystalldrusen erscheinen. Mitunter jedoch, wenn an irgend einer Stelle des Umfangs das Metall noch weich oder flüssig ist, während im Innern die Schwindung vor sich geht, wird es durch den Atmosphärendruck in die entstehende Hohlung hineingedrückt, und statt des Hohlraums im Innern entsteht eine Senkung der Oberfläche, die mitunter sich trichterförmig bis weit in das Innere des Gußstücks hinein fortsetzt. Dieser Vorgang heißt Lungern oder Aussaugen. Besonders häufig ist er an der Oberfläche der senkrechten Eingüsse oder Trichter bemerkbar, d. h. der trichterförmigen Canäle, durch welche das Metall in die Gußform einströmt, und welche zuletzt ebenfalls mit flüssigem Metall gefüllt werden. Immerhin giebt dieses Lungern des Eingusses keine Gewähr, daß sich nicht doch noch im Innern kleinere oder größere Hohlräume befinden, zu deren Ausfüllung das Metall des Eingusses nicht ausreichte oder welche überhaupt erst sich bildeten, als der Einguß schon erstarrt war. Kommt es also — besonders bei dem Gusse starkwandiger Körper — darauf an, die Entstehungen dieser Hohlungen nach Möglichkeit zu vermeiden, so hilft man sich mit Anbringung eines sogenannten Verlornen Kopfs, d. h. eines später zu entfernenden Aufsatzes auf das Gußstück, dessen Form und Größe derartig bemessen ist, daß das letzte flüssige Metall und mithin auch der entstehende Hohlraum sich innerhalb des Kopfs befindet. So z. B. stellt Fig. 8 einen Dampfcylinder mit aufgegossenem Verlornem Kopfe dar; die punktirte horizontale Linie deutet die Stelle an, wo derselbe später durch Abdrehen auf der Drehbank oder in ähnlicher Weise entfernt wird, um zerschlagen und wieder eingeschmolzen zu werden; innerhalb des Kopfs erblickt man den entstandenen, rings herum laufenden Hohlraum.



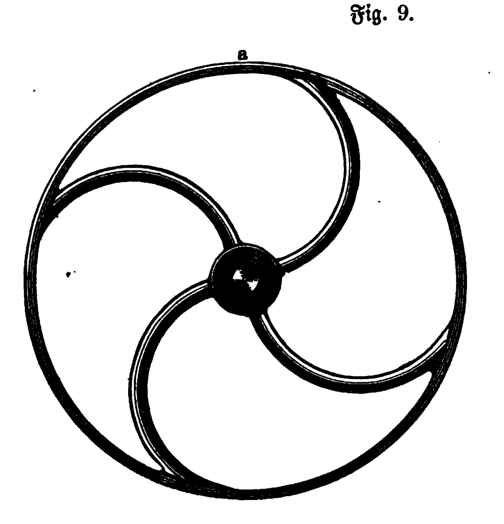
Fig. 8.

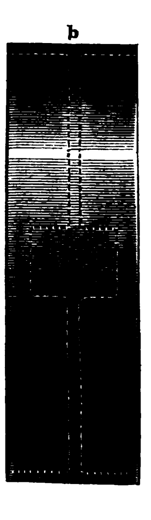


Eine andere Folge der Schwindung ist die Entstehung von Spannungen oder gar Rissen in den erkaltenden Abgüssen. Dieser Vorgang tritt stets dann ein, wenn eine ungleichzeitige Erstarrung und Erkaltung verschiedener Theile eines und desselben Abgusses stattfindet, die nicht schwinden können, ohne sich gegenseitig in Mitleidenschaft zu ziehen. Denkt man sich z. B. ein Rad mit starkem

Kranze und schwachen Armen, ein Fenster mit starkem Rahmen und schwachen Sprossen, so ist leicht einzusehen, daß hier die schwächeren Theile, die Arme des Rades, die Sprossen des Fensters, zuerst erstarren und schwinden werden. Die Molecüle des noch hocherhitzten, theilweise noch flüssigen Metalls in dem stärkeren Querschnitte ordnen sich diesem Vorgange entsprechend, zur Ausgleichung der eintretenden Verkürzung der schwächeren Theile wird auch wohl flüssiges Metall an diese abgegeben. Diese erkalten also unbehindert, und es würde vollständiges Gleichgewicht im Abgusse herrschen, wenn nunmehr die Schwindung unterbrochen werden könnte. Nun aber beginnen erst die Theile mit stärkeren Querschnitten zu schwinden, sich zu verkürzen, dadurch einen Druck auf die schon erkalteten Theile auszuüben. Es entsteht Spannung, Verbiegung der inneren Theile oder Zerreißen der äußeren. Ganz ähnlich ist der Vorgang, wenn die inneren Theile langsamer als die äußeren erkalten; sie trennen sich in Folge der später eintretenden Schwindung von jenen los (z. B. eine starke Radwelle zwischen schwachen Armen u. dergl. m.). Je spröder das verwendete Metall ist und je größer der Schwindungscoefficient desselben, desto leichter tritt hierbei ein Zerspringen oder Zerreißen des Gußstücks ein; aus diesem Grunde ist das wenig nachgiebige Gußeisen vorzugsweise der Entstehung von Spannungen (welche ein späteres Zerspringen des Abgusses unter oft ganz unbedeutenden äußeren Einflüssen zur Folge zu haben pflegen) oder von Rissen beim Abkühlen unterworfen. Es ist daher eine ebenso wichtige Aufgabe des Constructeurs von Gußgegenständen, nach Möglichkeit Formen mit stark abweichenden Querschnitten zu vermeiden, als des Gießers, die Abkühlung des Abgusses derartig zu regeln, daß sämmtliche Theile desselben möglichst gleichmäßig erkalten (Bedeckthalten der schwächeren, Entblößen der stärkeren Theile unmittelbar nach dem Gießen). Auch durch verschiedene andere Kunstgriffe ist man im Stande, die Gefahr der Entstehung von Spannungen abzumindern. Giebt man z. B. jenem Rade mit dickem Kranze statt radial gerichteter Arme gebogene, wie es Fig. 9 (Abbildung einer Riemenscheibe) darstellt,

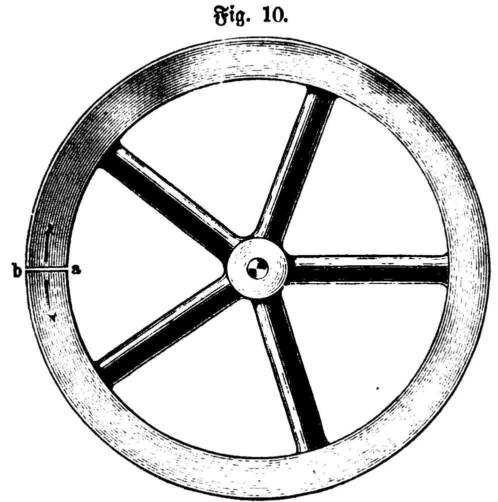
Fig. 9.





so werden diese bei der Schwindung des Kranzes zwar eine geringe Biegung nach einwärts erfahren, hierbei aber offenbar der Schwindung einen weit geringeren Widerstand entgegenstellen, als wenn sie radial gegen den Kranz gerichtet wären. Deshalb findet man diese Form der Radarme fast regelmäßig bei breiten Riemenscheiben, Handrädchen, kleineren Schwungrädern u. s. w. in Anwendung. Noch wirksamer als dieses Mittel erweist sich eine Durchtheilung des Kranzes, oder allgemein des stärkeren Theils, wodurch sofort die Richtung der Schwindung geändert wird. Fig. 10 stellt diesen Vorgang an einem größeren Schwungrade dar. Bei *a b* ist in die Gußform ein schmales Blech oder dergl. eingesetzt, so daß

Fig. 10.



hier der Zusammenhang des Radkranzes unterbrochen ist. Der letztere schwindet nunmehr nicht in radialer Richtung, sondern in der Richtung der Pfeile; die Arme werden ein wenig verbogen, jedoch weit weniger dadurch in Anspruch genommen, als wenn die Schwindung nach dem Mittelpunkte des Rades hin stattfände. Ebenso verfährt man bei gegossenen Fenstern mit starken Rahmen, welche letztere an einer oder mehreren Ecken durchgetheilt werden; und in ähnlichen Fällen. Den entstehenden Spalt, welcher bei der Schwindung sich ohnehin nicht unbeträchtlich erweitert, schließt man später durch ein eingesetztes Metallstück.

In gleicher Weise wie die Verschiedenheit der Querschnitte in einem und demselben Gußstücke vermögen auch äußere Einflüsse, welche eine ungleichzeitige Abkühlung bewirken, die Entstehung von Spannungen oder Rissen hervorzurufen. Zugluft, welche das noch glühende Gußstück einseitig trifft, Regentropfen, welche auf die obere Seite desselben fallen, und andere Zufälligkeiten können die Ursache eines sofortigen oder späteren Zerspringens werthvoller Abgüsse sein.

Auch die Schwierigkeit, kreisrunde oder quadratische Platten zu gießen, ohne daß sie beim Erkalten sich verziehen (sich werfen, windschief werden), ist in den eben geschilderten Vorgängen begründet. Die Schwindung beginnt hier am Rande und schreitet nach der Mitte der Platte hin fort, wo die Erstarrung und

Abkühlung am langsamsten vor sich geht. Je größer der Durchmesser, desto ungleichmäßiger ist die Abkühlung, desto stärker das Verziehen. Daher vermeidet man nach Möglichkeit solche reguläre Formen für flache Körper und wählt lieber oblonge oder, wo es angeht, rahmenförmige, in welche nöthigenfalls eine kleinere und mithin weniger leicht dem Verziehen ausgesetzte Platte als Füllung eingesetzt wird.

Es folgt aus allen diesen Erörterungen, daß mit dem Schwindungscoefficienten eines Metalls auch die Schwierigkeiten der Verarbeitung desselben durch Gießen wachsen.

Nun lehrt die Erfahrung, daß auch bei einem und demselben Metalle das Schwindmaß nicht immer genau das nämliche ist. Es ist abhängig von der Temperatur, welche das Metall beim Eingießen in die Gußform besaß, und zwar um so beträchtlicher, je stärker über den Schmelzpunkt überhitzt es vergossen wurde; und es ist ferner abhängig von fremden Stoffen, die in jedem Metalle sich finden. Für die gewöhnlicheren zur Gießerei benutzten einfachen (nicht legirten) Metalle pflegt man folgende durchschnittliche Schwindungscoefficienten anzunehmen:

Gußeisen $^1/_{96}$,
Tiegelgußstahl $^1/_{72}$,
Zink $^1/_{80}$,
Blei $^1/_{92}$,
Zinn $^1/_{147}$.

Legirungen zeigen hinsichtlich ihrer Schwindung ein ähnliches Verhalten als hinsichtlich vieler anderen Eigenschaften; d. h. ihr Schwindungscoefficient entspricht nicht immer dem Mittel aus den Schwindungscoefficienten der Einzelmetalle, sondern ist bisweilen größer, bisweilen kleiner. Ist nun bei einer und derselben Legirung ebensowohl der Schwindungscoefficient als die Dichtigkeit größer als die berechneten Mittelwerthe dieser Eigenschaften, so folgt daraus offenbar, daß die beobachtete Verdichtung der Metalle durch Legirung nicht schon im flüssigen Metalle eingetreten, sondern eine Folge sei entweder einer Zunahme des Ausdehnungscoefficienten (den man in diesem Falle vielleicht passender als „Zusammenziehungscoefficient durch Erkaltung“ bezeichnen könnte) oder — was jedoch seltener der Fall sein dürfte — einer Verringerung der Ausdehnung im Augenblicke des Erstarrens; sind jene beiden Eigenschaften kleiner als ihre berechneten Mittelwerthe, so ist der Ausdehnungscoefficient geringer geworden oder die Ausdehnung im Augenblicke des Erstarrens größer, ein Fall, der unzweifelhaft dann vorliegt, wenn die kalte Legirung ein größeres Volumen besitzt als die flüssige (einige Antimonbleiwismuthlegirungen).

Bei den Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen zeigt sich mit zunehmendem Zinn- beziehentlich Zinkgehalte eine Zunahme des Schwindungscoefficienten, so daß derselbe bei vielen dieser Legirungen bedeutend denjenigen des reinen Zinns und des reinen Zinks überragt. Leider ist der Schwindungscoefficient des reinen Kupfers nicht ermittelt worden, da dieses Metall in Folge einer beim Erstarren eintretenden Gasentwickelung die Eigenschaft besitzt „zu steigen“, d. h. sich aufzublähen, und da in Folge dieser Eigenschaft die Messung unzuverlässig

wird. Aus der geringen Schwindung zinnarmer Kupferzinnlegirungen läßt sich jedoch der Schluß ziehen, daß auch das reine Kupfer nur wenig schwinde. Eine Grenze, von wo an mit Zunahme des Zinn- oder Zinkgehalts der Schwindungscoefficient wieder abnimmt, ist bis jetzt ebenfalls nicht ermittelt, wie überhaupt unter allen Eigenschaften der Metalle und Legirungen kaum eine andere von der wissenschaftlichen Forschung bislang so stiefmütterlich behandelt wurde als die Schwindung trotz der Wichtigkeit, welche sie — wie oben durch Beispiele erläutert wurde — für die Praxis besitzt. Nimmt man an — wie es nicht unwahrscheinlich ist — daß die größte Schwindung zusammenfalle mit der stärksten Verdichtung, so würden die Legirungen mit etwa 60 Proc. Zinn oder mit 50 bis 80 Proc. Zink am stärksten schwinden (vergl. die Tabellen der Dichtigkeiten auf S. 12 und S. 17). In der Praxis rechnet man als Schwindungscoefficienten:

für Geschützbronze mit 90 Proc. Kupfer $^1/_{134}$,
„ Statuenbronze „ 86 „ „ $^1/_{77}$,
„ Glockenbronze „ 80 „ „ $^1/_{65}$,
„ Messing (Kupferzink) mit 60 bis 70 Proc. Kupfer $^1/_{62}$.

Ternäre Legirungen aus Kupfer, Zinn und Zink scheinen sich ähnlich zu verhalten als die binären Kupferlegirungen, d. h. der Schwindungscoefficient nimmt zu, wenn der Kupfergehalt abnimmt. Der mitgetheilte Schwindungscoefficient für Statuenbronze, welche fast immer zinkhaltig ist, deutet hierauf hin. Da nun aber, wie im ersten Abschnitte mehrfach hervorgehoben wurde, zur Hervorrufung ähnlicher physikalischer Eigenschaften (Farbe, Härte) geringere Mengen Zinn als Zink erforderlich sind, so liegt hierin ein neuer Grund, bei denjenigen Kupferzinklegirungen, welche durch Gießen verarbeitet werden sollen, einen Theil des Zinks durch eine entsprechend kleinere Menge Zinn zu ersetzen, wodurch man eine kupferreichere und deshalb weniger schwindende Legirung erhält.

Welchen Einfluß ein Bleigehalt auf die Schwindung des Kupfers und seiner Legirungen mit Zinn oder Zink ausübt, ist bislang nicht ermittelt.

Besondere Beachtung verdient die Schwindung der Legirungen und Verbindungen des Eisens. Denn alles Gußeisen, welches unter sämmtlichen Metallen und Legirungen am häufigsten für die Gießerei benutzt wird, enthält fast immer Mangan (mitunter bis zu mehreren Procenten) und von den Metalloiden bekanntermaßen stets Kohle, Silicium und fast immer Phosphor. Faßt man auch die Einflüsse der letzteren auf die Schwindung des Eisens mit in Betracht, so lehrt die Erfahrung, daß

Mangan
Gebundene Kohle } die Schwindung des Gußeisens steigern,
Phosphor

Silicium
Graphitische Kohle } die Schwindung verringern.

Der Einfluß des Siliciumgehalts ist höchstwahrscheinlich nur indirect, indem von einem gleichen Kohlenstoffgehalte des Eisens um so reichlichere Mengen beim Erstarren graphitische Form annehmen, je größer der Siliciumgehalt des Eisens

ist. Der Einfluß dieser Körper läßt sich in folgenden Ziffern der Schwindungscoefficienten verschiedener Eisensorten erkennen:

Roheisen mit 2,5 Proc. Si, 3,5 Proc. Graphit, 1 Proc. Mn, 0,8 Proc. P, Spur geb. C . . . . $1/_{135}$
Roheisen mit 1,5 Proc. Si, 3 Proc. Graphit, 0,5 Proc. geb. C, 1 Proc. Mn, 0,8 Proc. P . . . . $1/_{96}$
Roheisen mit 0,5 Proc. Si, 1 Proc. Graphit, 1,5 Proc. geb. C, 0,5 Proc. Mn, 0,8 Proc. P . . . . $1/_{77}$
Spiegeleisen mit circa 10 Proc. Mn, 5 Proc. geb. C, Spuren der übrigen Körper . . . . $1/_{50}$.

d. Gasentwickelung.

Wenn man ein Stück Eis oder ein dickeres Stück Glas betrachtet, so wird man in sehr vielen Fällen innerhalb desselben eine Menge rundlicher kleiner Hohlräume gewahren, theils sehr klein, theils bis zu Erbsengröße oder darüber. Dieselben verdanken ihre Entstehung offenbar Gasen, welche von dem flüssigen Körper gelöst waren, im Augenblicke des Erstarrens in Folge der eintretenden molecularen Veränderungen Gasform annahmen, ohne aber vollständig aus der bereits dickflüssig oder theilweise starr gewordenen Masse entweichen zu können (daß das Wasser Sauerstoff, Kohlensäure und andere in der Atmosphäre befindlichen Gase in nicht ganz unbeträchtlicher Menge zu lösen vermag, ist bekannt). Wie in dem Wasser, in dem geschmolzenen Glase, so lösen sich auch in vielen anderen flüssigen Körpern, insbesondere auch in den geschmolzenen Metallen, Gase in oft ansehnlicher Menge und werden beim Uebergange in den festen Zustand ganz oder zum großen Theile wieder gasförmig entlassen. Wenn die Gegenwart der suspendirten Gasbläschen bei den undurchsichtigen Metallen auch nicht ganz so leicht erkennbar ist als beim Eise oder Glase, so gewahrt man dieselben doch unschwer auf der Bruchfläche, und in einzelnen Fällen ist die Menge derselben so beträchtlich, daß das ganze Metallstück vollständig von Löchern durchsetzt ist. Von den früher beschriebenen in Folge der Schwindung entstandenen Hohlräumen unterscheiden sich die durch aufsteigende Gase hervorgerufenen deutlich durch ihre Form; sie haben glatte Wände, rundliche oder bisweilen birnenartige Form.

Auf die Brauchbarkeit der Gußstücke wirkt natürlich die Anwesenheit solcher Gasblasen höchst nachtheilig ein, denn die Dichtigkeit, Festigkeit, Härte 2c. werden durch dieselben geschmälert; und da das rohe, unbearbeitete Gußstück gewöhnlich ohne Weiteres gar nicht erkennen läßt, ob sein Inneres dicht oder von Gasblasen durchsetzt ist, so gewahrt man häufig die Anwesenheit derselben erst, nachdem eine kostspielige Bearbeitung des gegossenen Metalls vergeblich vorgenommen worden ist. Ein Metall ist mithin um so schwieriger durch Gießen verarbeitbar, je größer seine Fähigkeit ist, Gase im flüssigen Zustande zu lösen.

Im Allgemeinen wird diese Anwesenheit gasförmiger Körper in dem erstarrenden Metalle sich um so empfindlicher geltend machen, je höher die Erstarrungstemperatur des Metalls liegt, weil mit der Temperatur das Volumen der Gase

und somit auch die Größe der entstehenden Hohlräume wächst. Man braucht sich nur der bekannten Formel für die Ausdehnung der Gase durch die Temperatur zu erinnern, um sich zu vergegenwärtigen, daß z. B. die in einem Metalle, welches bei 1000° C. erstarrt, im Augenblicke des Erstarrens suspendirten Gase mehr als das vierfache Volumen wie bei gewöhnlicher Temperatur besitzen.

Die Fähigkeit, Gase zu lösen und die Beschaffenheit der gelösten Gase ist bei verschiedenen Metallen sehr abweichend. Untersuchungen über die Zusammensetzung gelöst gewesener und wieder entweichender Gase sind überhaupt trotz der Wichtigkeit, welche dieselben für die metallurgische Technologie besitzen, bislang nur vereinzelt angestellt [1]).

Metalle, welche in niedriger Temperatur schmelzen (Zinn, Blei, Zink), lösen durchweg weniger Gase als diejenigen mit hohen Schmelzpunkten, unter den letzteren zeichnen sich Silber, Nickel, Kupfer und manche Eisensorten durch die Fähigkeit aus, reichliche Gasmengen zu lösen und beim Erstarren wieder zu entlassen.

Von wesentlichem Einflusse auf die Löslichkeit der Gase ist der Druck, unter welchem sie mit dem geschmolzenen Metalle in Berührung treten. Je höher der Druck, desto reichlichere Mengen von Gasen werden gelöst. Hieraus erklärt es sich, daß Metalle, die in hohen Schachtöfen mit dicht liegender Beschickung, also auch hoher Gasspannung, geschmolzen wurden, reichlichere Mengen von Gasen gelöst zu enthalten pflegen, als wenn sie auf dem Herde eines Flammofens oder im Tiegel geschmolzen wurden.

Manche Metalle entlassen beim Erstarren Sauerstoff. Hierher gehört vor allen das Silber, bei dem der entweichende Sauerstoff die bekannte Erscheinung des „Spratzens“ hervorruft; vielleicht auch das Nickel, dessen in reichlicher Menge entweichende Gase leider noch nicht untersucht wurden. Andere Metalle lösen Wasserstoff; so nach Müller's Untersuchungen das Eisen, nach Hampe das oxydulfreie Kupfer (überpoltes Kupfer). Neben dem Wasserstoff, vielleicht auch neben dem Sauerstoff, findet sich Stickstoff (durch Müller u. A. im Eisen nachgewiesen); weniger groß, als man früherhin gemeiniglich anzunehmen pflegte, scheint dagegen die Löslichkeit des Kohlenoxyds in den Metallen zu sein. Schweflige Säure wird vom reinen wie vom oxydulhaltigen Kupfer gelöst.

Die Fähigkeit der Metalle, Gase zu lösen, wird durch Gegenwart fremder Körper, insbesondere auch durch Legirung mit anderen Metallen, wesentlich beeinflußt. Ein Kohlenstoffgehalt und mehr noch ein Siliciumgehalt des Eisens verringert die Löslichkeit der Gase in demselben; daher vermag geschmolzenes schmiedbares Eisen (Flußstahl und Flußeisen) weit größere Mengen von Gasen aufzunehmen als Gußeisen, und es ist weit schwieriger, dichte Güsse aus ersterem darzustellen; unter den Gußeisensorten sind wieder diejenigen, welche 1 bis 2 Proc. Silicium bei 3 bis 4 Proc. Kohle enthalten, freier von Gasen als die silicium- und kohlenstoffärmeren. Mangan dagegen erhöht die Löslichkeit insbesondere des Wasserstoffs im Eisen; manganreiches Eisen fließt unter einer völligen Flammen-

[1]) Eine bequeme Methode, die in den Metallen eingeschlossenen Gase zu sammeln, wurde von Müller angewendet. Vergl. unter „Literatur“ dessen Arbeiten über die Gase des Bessemereisens.

decke aus dem Ofen, welche zum großen Theil aus entweichendem und verbrennendem Wasserstoff gebildet wird.

Legirt man ein Metall, welches Sauerstoff zu lösen vermag, mit einem anderen Metalle oder auch mit einem Metalloide, welches mit dem Sauerstoff nichtflüchtige chemische Verbindungen eingeht, so wird hierdurch offenbar sofort die Gasentwickelung gehemmt. Hierauf beruht die Thatsache, daß Silberkupferlegirungen weniger zum Spratzen als reines Silber geneigt sind und daß in noch stärkerem Maße die Gasentwickelung verhindert wird, wenn man der Legirung eine kleine Menge Zink hinzufügt; ferner beruht hierauf höchstwahrscheinlich das von Fleitmann in Iserlohn erfundene Verfahren, dichte Güsse aus Nickel zu erzielen, indem man demselben eine kleine Menge Magnesium zusetzt; u. s. f.

Je dünnflüssiger ein Metall ist, bevor es starr wird, je weniger allmälig mithin der Uebergang in den festen Aggregatzustand stattfindet, desto leichter werden die entstandenen Gasblasen noch entweichen können, ehe Erstarrung eintritt, eine desto geringere Menge derselben wird suspendirt bleiben. Aus diesem Grunde pflegen jene Mittel, welche eine größere Dünnflüssigkeit hervorrufen, auch die Entstehung dichterer Güsse zu befördern. Hierher gehören: Legirung mit anderen Metallen (des Kupfers mit Zinn und Zink; u. s. w.), Zusatz von Phosphor zur Reduction gelöster Oxyde, u. dergl.

Endlich aber wird, unter je höherem Drucke das Metall erstarrt, nicht allein eine um so reichlichere Menge der Gase im Metalle gelöst bleiben müssen, sondern es wird auch das Volumen der suspendirten Gasbläschen und demnach die Benachtheiligung der Dichtigkeit des Gußstücks durch dieselben um so unbedeutender ausfallen. Daher wird zur Erzielung dichter Güsse aus Metallen, welche gern reichliche Gasmengen lösen (z. B. Bessemereisen) mitunter dieses Mittel — Erstarrenlassen unter hohem Drucke — angewendet, obschon, wie leicht einzusehen ist, die Durchführung des Verfahrens nicht ohne umständliche mechanische Hilfsmittel zu bewerkstelligen ist.

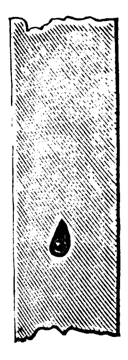
Ein sehr einfaches und häufig benutztes Mittel, um in geschlossenen Gußformen aufsteigende Gasblasen unschädlich zu machen, ist die Anbringung eines Verlornen Kopfs auf der Gußform (vergl. Seite 121). Derselbe wirkt in doppelter Weise: er übt einen, wenn auch nicht sehr bedeutenden, hydrostatischen Druck auf das darunter befindliche Metall aus, und er dient als Sammelbehälter für die gebildeten Gase, so daß diese für das eigentliche Gußstück unschädlich werden.

Nicht in allen Fällen jedoch ist es eine einfache Lösung gasförmiger Körper in flüssigen Metallen, aus der die Gasentwickelung vor und bei dem Erstarren hervorgeht. Vielfach findet auch in Folge physikalischer oder chemischer Processe eine wirkliche Neubildung von Gasen statt, die dann, wenn sie im erstarrenden Metalle suspendirt bleiben, ganz dieselbe nachtheilige Wirkung ausüben als die aus Lösungen entwickelten. Einige Beispiele mögen diese Vorgänge näher erläutern.

Benutzt man eine eiserne Gußform, welche an den inneren, mit dem flüssigen Metalle in Berührung tretenden Flächen rostig geworden ist, so findet in der Schmelztemperatur der meisten Metalle eine Zerlegung des Rostes statt, Wasserdampf wird gebildet und steigt in Blasen im Metalle empor.

Kommt geschmolzenes Gußeisen mit eisenoxydhaltigen Körpern in Berührung, so entsteht unter der Einwirkung des Eisenoxyds auf den Kohlenstoff des Gußeisens Kohlenoxyd. Die Gelegenheit hierfür ist gar nicht selten. Alles geschmiedete oder gewalzte Eisen ist mit einem dünnen Häutchen Oxyduloxyds bedeckt, welches ausreicht, jene Wirkung hervorzubringen; kommen solche Theile also mit flüssigem Gußeisen in Berührung, so müssen sie sorgfältig durch Beizen oder Feilen ihres oxydischen Häutchens entkleidet werden. Rostiges Eisen in Berührung mit flüssigem Gußeisen würde theils durch die Dampfentwickelung, theils durch die Kohlenoxydgasbildung in sehr starkem Maße die Dichtigkeit des Abgusses beeinträchtigen. Selbst Eisenkügelchen, die, wenn das zum Gießen benutzte Gußeisen von oben in eine hohe Gußform eingegossen wird, sich durch das Umherspritzen bilden, erstarren und sich mit einem Oxydhäutchen überziehen, können Kohlenoxydbildung veranlassen. Sie werden vom nachströmenden Eisen emporgerissen, wirken auf den Kohlenstoffgehalt desselben und man findet sie später beim Zerschlagen des Abgusses am Boden eines Gasbläschens, wie es Fig. 11 in natürlicher Größe darstellt.

Fig. 11.



Alles Handelskupfer enthält Kupferoxydul und daneben Schwefelkupfer in um so reichlicheren Mengen, je weniger es raffinirt ist. Unter Einwirkung beider Körper auf einander entsteht schweflige Säure, welche das erstarrende Kupfer vollständig mit feinen Bläschen durchsetzt. Es ist leicht auszurechnen, daß schon sehr geringe Gewichtsmengen von Schwefel im Stande sind, in Folge dieses Vorgangs beträchtliche Gasvolumina zu liefern; und es erklärt sich hierdurch zum großen Theile die Schwierigkeit, dichte Güsse aus Kupfer zu erzielen. Die Ursache, weshalb legirtes Kupfer — Kupferzinn, Kupferzink — diese Eigenschaft in geringerem Maße zeigt, liegt, außer in der schon erwähnten erhöhten Dünnflüssigkeit, wohl hauptsächlich in der theilweisen Reduction des vorhandenen Kupferoxyduls durch Zinn oder Zink; in der Phosphorbronze durch Phosphor.

2) Die Schmelzöfen.

Es wurde schon früher erwähnt, daß in den meisten Fällen die Metalle, welche in der Gießerei verarbeitet werden sollen, einem erneuten Schmelzen, oft fern von der Stätte ihrer Gewinnung, unterworfen werden müssen, sei es für sich allein, sei es mit anderen Metallen zusammen zur Darstellung von Legirungen.

Die Gießerei muß also mit Schmelzöfen ausgerüstet sein, deren Einrichtung gemäß der Verschiedenheit der zur Verwendung kommenden Metalle und der jedesmaligen Menge derselben eine ziemlich verschiedene sein kann. Nicht selten können Oefen verschiedener Gattung für denselben Zweck benutzt werden; über die größere Zweckmäßigkeit des einen oder anderen Ofensystems entscheiden dann theils die

chemischen Einflüsse, welche beim Schmelzen in diesem oder jenem Ofen auf das betreffende Metall geübt werden, theils der günstigere Wirkungsgrad eines Ofens, d. h. das günstigere Verhältniß zwischen der beim Schmelzen nutzbar gemachten und derjenigen Wärme, welche der verbrauchte Brennstoff bei vollständiger Verbrennung zu entwickeln fähig ist. Da bei den Schmelzöfen der Gießereien nur diejenige Wärme als nutzbar gemacht bezeichnet werden kann, welche von dem geschmolzenen Metalle aufgenommen ist, so ist die Ermittelung derselben mit Hülfe des a. S. 117 beschriebenen Verfahrens nicht schwer; ebenso wird man sich leicht Rechenschaft geben können, wie viel Brennstoff zum Schmelzen einer bestimmten Menge Metall verbraucht wurde und welchen Wärmeeffect derselbe besitzt.

a. Kessel.

Dieselben werden benutzt, um Metalle mit niedrigem Schmelzpunkte — Zinn, Blei, Zink und die Legirungen derselben — zu schmelzen, sofern die mit einem Male zur Verwendung gelangende Menge Metall nicht allzu beträchtlich ist. Bekanntlich besteht der Kessel aus einem oben offenen Gefäße, gewöhnlich aus Gußeisen gefertigt und von annähernd halbkugelförmiger Gestalt, fest eingemauert in einen Herd mit Feuerungsanlage (Rostfeuerung), von welcher aus die Feuerungsgase rings um den Kessel herum und schließlich nach der Esse geführt werden. Das im Kessel befindliche Metall ist mithin jeder chemischen Einwirkung seitens des Brennstoffs oder der Verbrennungsgase entzogen, wohl aber der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt, sofern der Kessel nicht durch einen Deckel, welcher zugleich die Wärmeausstrahlung vermindert, oben geschlossen ist. Diese Wärmeausstrahlung, gleichbedeutend mit Wärmeverlust, ist um so beträchtlicher, eine je größere Oberfläche das geschmolzene Metall darbietet (je flacher der Kessel ist) und je höher es erhitzt ist. Da jedoch immerhin bei den niedrigen Schmelztemperaturen der in Kesseln geschmolzenen Metalle und Legirungen die Erhitzung nicht sehr beträchtlich ist, die entwickelte Wärme durch zweckmäßige Einrichtung der Feuerzüge auch in ziemlich ausgedehntem Maße abgegeben werden kann, so pflegt der Wirkungsgrad der Kessel ein verhältnißmäßig günstiger zu sein und sich durchschnittlich auf 0,16 zu beziffern.

Das Entleeren des Kessels von dem geschmolzenen Metalle erfolgt entweder durch Ausschöpfen vermittelst eines eisernen Gießlöffels; oder mit Hülfe eines angegossenen horizontalen Ausflußrohrs, welches, vom Boden des Kessels ausgehend, außerhalb des Ofens mündet und während des Schmelzens durch einen eingesteckten Pfropfen verschlossen gehalten wird; oder auch mit Hülfe einer sogenannten Gießpumpe, welche in das flüssige Metall eintaucht und dasselbe in die vorgehaltene Gußform hineinspritzt. Letztere Einrichtung, welche besonders häufig in Schriftgießereien angewendet wird, ist in Figur 12 abgebildet. *f* ist der Rand des Kessels, *a* der in den Kessel eintauchende Pumpenkörper, durch einen Quersteg festgehalten; *b* ist ein Hebel zur Bewegung des Pumpenkolbens, *c* eine Feder, welche sofort nach beendigtem Hube den Hebel in den höchsten Stand

zurückführt, *d* eine Schraube zur Regulirung der Hubhöhe, *e* das Ausgußrohr, *g* das Rauchrohr für die Feuerung. Da eine Ventilpumpe nicht anwendbar sein würde, tritt das Metall aus dem Kessel durch seitliche in der Wand des Pumpenstiefels befindliche Oeffnungen in das Innere, welche in dem höchsten Stande des

Fig. 12.



Kolbens frei liegen, beim Niedergange aber durch den Kolben selbst geschlossen werden. Der unter dem Drucke des Pumpenkolbens erzeugte Strahl flüssigen Metalls tritt mit großer Kraft in die Gußform ein und füllt dieselbe scharf aus.

b. Tiegelöfen.

Wenn Metalle mit hohen Schmelztemperaturen geschmolzen und dabei den chemischen Einwirkungen von außen nach Möglichkeit entzogen werden sollen, oder auch, wenn es sich darum handelt, nur wenige Kilogramm jener Metalle zu schmelzen, so bedient man sich der Tiegel. Von den Kesseln unterscheiden sie sich theils durch ihr Material, welches aus feuerfestem Thon, unter Umständen mit

Graphit vermengt, zu bestehen pflegt (nur zum Schmelzen größerer Mengen Silber in den Münzwerkstätten bedient man sich schmiedeeiserner Tiegel), hauptsächlich auch durch den Umstand, daß sie nicht, wie jene, einen Theil des eigentlichen Ofens bilden, sondern vollständig selbstständig aus demselben herausgenommen und entleert werden können. Gerade dieses Umstandes halber aber ist der Inhalt eines Tiegels selten größer als höchstens 30 kg, und nur in jenem schon erwähnten Falle beim Schmelzen von Münzsilber wendet man Tiegel bis zu 1200 kg Inhalt an, weil es bei einer Vertheilung des zu schmelzenden, legirten Metalls in mehrere Tiegel weit schwieriger sein würde, die unerläßliche durchaus gleichartige Zusammensetzung der Legirung zu erhalten.

Trotz der Bestimmung der Tiegel, als Schutz für das Metall gegen chemische äußere Einwirkungen zu dienen, findet doch ein vollständiges Fernhalten dieser Einflüsse auch beim Tiegelschmelzen nicht statt. Die Luft, welche im Tiegel mit dem Metalle eingeschlossen ist, vermag, wenn auch in geringerem Maße, oxydirend zu wirken; die Verbrennungsgase des Schmelzofens — Kohlensäure, Kohlenoxyd, Sauerstoff, Stickstoff — finden auch durch die Poren des Tiegels hindurch ihren Weg und rufen theils Oxydation hervor, theils lösen sie sich im Metallbade; die Bestandtheile des Tiegels selbst wirken nicht selten chemisch auf das eingeschlossene Metall ein. Werden z. B. manganreiche Legirungen geschmolzen, so vermag in hoher Temperatur das metallische Mangan gewisse Mengen Silicium aus der kieselsäurehaltigen Tiegelmasse zu reduciren, während Manganoxydul verschlackt wird; ebenso wirkt Kohle auf Silicium bei Gegenwart von Eisen und die Folge davon ist, daß, wenn kohlenstoffhaltiges Eisen (Tiegelgußstahl oder Gußeisen) längere Zeit bei hoher Temperatur im Tiegel flüssig erhalten wird, ein kohlenstoffärmeres und siliciumreicheres Endproduct entsteht.

Gemäß der Art und Weise, wie die Tiegel im Ofen erhitzt werden, unterscheidet man verschiedene Arten von Tiegelöfen.

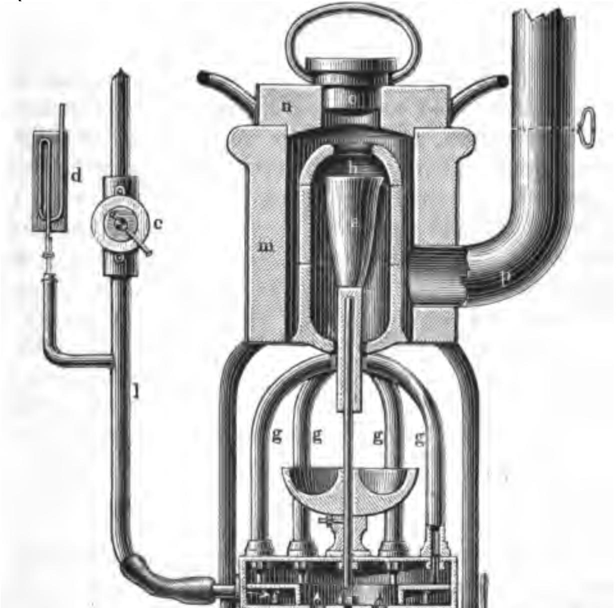
Tiegelschachtöfen.

Auf dem Boden eines cylindrischen oder prismatischen Ofenschachtes werden ein oder mehrere Tiegel (die höchste Zahl pflegt neun Stück zu betragen) auf Untersätzen aus feuerfester Masse (Käse genannt) aufgestellt, während ringsherum die Verbrennung stattfindet. Als Brennstoffe dienen entweder feste, verkohlte (Holzkohlen oder häufiger Coks), welche dann von oben her durch die Gicht des Ofens ein- und nachgeschüttet werden, oder gasförmige, welche von unten her eintreten. Bei Anwendung fester Brennstoffe bedient man sich am zweckmäßigsten des natürlichen Luftzuges zur Verbrennung und construirt in diesem Falle den Boden des Ofens als Rost, durch dessen Fugen die Verbrennungsluft zutritt, während die Verbrennungsgase unmittelbar unter der Gichtöffnung durch einen seitlich angeordneten Fuchs nach einer kräftig wirkenden Esse abgesaugt werden; nur in einzelnen Fällen, wenn eine Esse von ausreichender Zugkraft nicht zur Verwendung steht, führt man Gebläsewind ein (Abbildungen von Tiegelschachtöfen für Essenzug und für Gebläsewind im 7. Bande, Seite 228).

Tiegelschachtöfen für gasförmige Brennstoffe pflegen nur in Laboratorien, in den Werkstätten der Gold- und Silberarbeiter, überhaupt da in Anwendung zu kommen, wo sehr kleine Mengen Metall (höchstens 1 kg) rasch und mit Hülfe von Leuchtgas geschmolzen werden sollen, während man für einen größeren Betrieb mit Gasfeuerung zweckmäßiger die sogleich zu beschreibenden Tiegelherdöfen anwendet. Die Verbrennungsluft bei jenen kleinen Tiegelschachtöfen für Gasfeuerung pflegt durch natürlichen Luftzug zugeführt zu werden.

Ein solcher Ofen für Heizung durch Leuchtgas nach einer Construction von Perrot in Genf ist in Fig. 13 abgebildet. Der Tiegel *a* steht auf einem Untersatze, der auf einer senkrechten Stange befindlich und in seiner Höhe verstellbar

Fig. 13.



ist, damit man Tiegel von verschiedener Höhe einsetzen könne. Das Gas kommt durch das mit einem Hahn *c* und einem Manometer *d* zur Regulirung versehene Zuflußrohr *l*, tritt in den ringförmigen Behälter *f* und aus diesem durch die Rohre *g* und die Oeffnung *h* in den Ofen; die Verbrennungsluft wird durch Oeffnungen in dem Boden des gußeisernen Kastens angesaugt, und mischt sich, wie bei einem Bunsen'schen Brenner innerhalb der Rohre mit dem Gase. Die Verbrennung findet an der Mündung der Rohre bei *h* statt, wo das Gas in den

Ofen tritt; die Regulirung des Luftzuflusses wird mit Hülfe eines Drehschiebers unter dem Boden in der aus der Abbildung ersichtlichen Art und Weise bewirkt. Der eigentliche Ofen wird gebildet durch den inneren Cylinder, welcher oben durch eine kleine bewegliche Kuppel *b* abgedeckt wird, und den äußeren Mantel *m*. Oben ist der Ofen durch den Deckel *n* verschlossen, in dessen Mitte sich das durch einen Stopfen verschlossen gehaltene Schauloch *e* befindet, um das Schmelzen beobachten zu können und nach Bedürfniß Metall nachzusetzen. Die Gase, nachdem sie den Tiegel umspült haben, ziehen in dem ringförmigen Raume zwischen dem inneren Ofen und dem Mantel *m* abwärts und entweichen schließlich durch das Rohr *p* nach der Esse.

Tiegelherdöfen.

Die Tiegel stehen auf dem horizontalen, von einem Gewölbe überspannten Herde eines Flammofens mit directer oder mit Gasfeuerung und werden von den brennenden Gasen umspült, welche auf der einen Seite des Herdes zuströmen, auf der anderen abziehen. Durch diese Einrichtung erhält man zunächst gegenüber den Tiegelschachtöfen für festes Brennmaterial den Vortheil, rohe, d. h. unverkohlte und deshalb billigere Brennstoffe zur Verwendung bringen zu können; die Tiegel selbst bleiben auch während des Schmelzens leicht zugänglich und kommen nicht mit der Asche der Brennstoffe in Berührung, wodurch ihre Haltbarkeit erhöht und die Bedienung des Ofens vereinfacht wird. Dagegen machen die Eigenthümlichkeiten des Herdflammofens es nothwendig, daß, wenn die entwickelte Wärme nicht allzu ungünstig ausgenutzt werden soll, eine größere Zahl Tiegel zugleich eingesetzt werde; und es eignen sich aus diesem Grunde die Tiegelherdöfen mehr für großen als für kleinen Betrieb. Vielfach benutzt man Gasfeuerung statt der directen zum Heizen des Ofens; und die Vortheile der Gasfeuerungen treten thatsächlich kaum bei irgend einem anderen Processe deutlicher in den Vordergrund als gerade hier. Denn die leichtere Verbrennlichkeit der Gase ermöglicht es, eine vollständige Verbrennung mit geringerem Sauerstoffüberschusse als bei directer Feuerung hervorzubringen, also höhere Temperaturen zu erzeugen, die Wärme günstiger auszunutzen und, was hier besonders in Betracht kommt, die Verbrennung durch die gesteigerte chemische Thätigkeit und innigere Mischung von Gas und Luft zu beschleunigen, auf einen kleineren Raum zu concentriren. Denn eine lange Flamme, eine Folge einer allmälig stattfindenden Verbrennung, würde beim Tiegelschmelzen vollständig zwecklos sein. Aus diesen Gründen ist Gasfeuerung fast unerläßlich, wenn Metalle mit hohen Schmelztemperaturen, z. B. Tiegelgußstahl, im Tiegelherdofen geschmolzen werden sollen.

Da die aus dem Ofen abziehenden Gase eine große Menge Wärme mit sich führen, so ist die Anwendung solcher Ofensysteme zweckmäßig, bei denen diese abziehende Wärme durch Zurückführung in den Ofen nutzbar gemacht wird; besonders dann, wenn hohe Temperaturen hervorgerufen werden sollen. Eine ziemlich große Zahl verschiedener Ofensysteme sucht in mehr oder minder einfacher Weise dieses Problem zu lösen; am vollkommensten dürfte der Zweck durch die Siemens'sche

Regenerativfeuerung erreicht werden. Das Princip derselben darf als bekannt vorausgesetzt werden (vergl. auch Bd. 7, S. 266, 432, 575, 786); ein Tiegelherdofen mit Siemens'scher Feuerung ist in den Figuren 14 und 15 (a. f. S.) abgebildet. Derselbe besteht aus drei Abtheilungen mit je sechs Tiegeln, faßt also im Ganzen 18 Tiegel. Die Einsatzöffnungen für die Tiegel befinden sich in der Decke des Gewölbes und sind durch passende, mit Eisenrahmen ausgerüstete Chamotteplatten abgedeckt. Der Herd, aus Quarzsand hergestellt, wird von einer eisernen Platte getragen, unter welcher die atmosphärische Luft freien Zutritt hat, um sie zu kühlen. Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, sind die Regeneratoren für die Verbrennungsluft etwas größer bemessen als für das Gas, entsprechend dem größeren Volumen der zur Verbrennung erforderlichen atmosphärischen Luft. Gas und Luft kommen durch die beiden links gelegenen Regeneratoren, gelangen dann in die horizontalen Canäle oberhalb der Regeneratoren, deren Anordnung aus Fig. 14 ersichtlich ist, vereinigen sich unmittelbar vor dem Herde und die Verbrennungsproducte entweichen nach dem Verlassen des Herdes durch die rechts gelegenen Regeneratoren, diese erhitzend. Sind die linken Regeneratoren abgekühlt, die rechten erhitzt, so wird umgeschaltet, worauf Gas und Luft den entgegengesetzten Weg einschlagen.

Wirkungsgrad der Tiegelöfen.

Verschiedene Umstände vereinigen sich, den Wirkungsgrad der Tiegelöfen auf ein niedriges Maß herabzudrücken. Hierher gehört zunächst das außerordentlich ungünstige Verhältniß zwischen der feuerberührten Fläche der Tiegel und der wärmeausstrahlenden Fläche des Ofens; die Schwierigkeit der Wärmeabgabe durch die aus schlecht leitendem Materiale bestehenden Wände des Tiegels hindurch an die Metallstücke, welche ohnehin, ehe sie geschmolzen sind, nur wenige Berührungspunkte mit der Tiegelwand zu besitzen pflegen und mithin großentheils durch Strahlung erhitzt werden müssen; endlich der hohe Schmelzpunkt der meisten in Tiegeln geschmolzenen Metalle, welcher in mehrfacher Hinsicht die Wärmeausnutzung erschwert.

Für Tiegelschachtöfen mit Coksfeuerung kann man einen durchschnittlichen Wirkungsgrad = 0,03 annehmen; bei Holzkohlenfeuerung nicht mehr als 0,01 (weil bei der Verbrennung der poröseren Holzkohlen die Entstehung weit reichlicherer Mengen Kohlenoxydgas statt Kohlensäure als Endproduct der Verbrennung unvermeidlich ist); bei Tiegelherdöfen mit directer Feuerung 0,02, mit Siemens'scher Regenerativfeuerung 0,03 bis 0,04.

c. Herdflammöfen ohne Tiegel.

Das Metall befindet sich unmittelbar auf dem mit einem Gewölbe überspannten Herde des Ofens, wird hier von der vorüber ziehenden Flamme bestrichen und solcherart allmälig geschmolzen. Die Herdsohle ist demnach muldenförmig

Fig. 14.

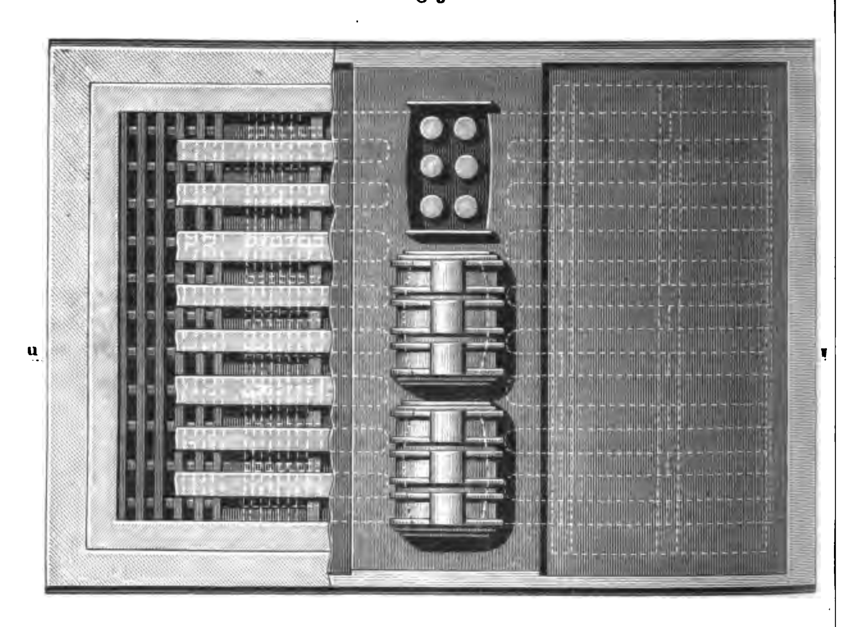
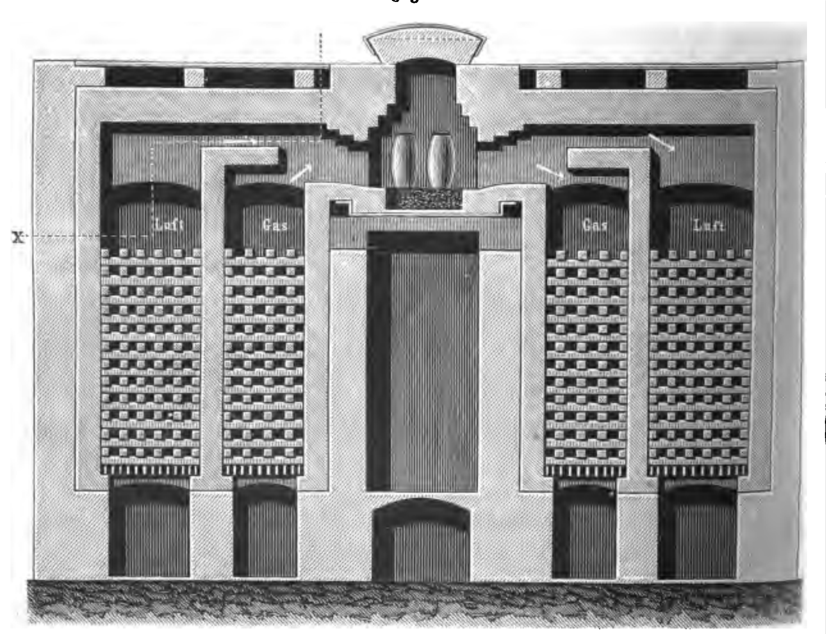


Fig. 15.



oder häufiger — was jedenfalls die Wärmeausnutzung befördert — geneigt, so daß das ungeschmolzene Metall sich an der höchsten Stelle desselben befindet, beim Schmelzen in dünner Schicht auf der Herdsohle hinabfließt und schließlich sich in dem am tiefsten gelegenen Theile des Herdes sammelt. In allen Fällen dient eine an der tiefsten Stelle befindliche, während des Schmelzens durch einen Thonpfropfen verschlossen gehaltene Oeffnung — das Stichloch — zum Ablassen des Metalls nach beendigtem Schmelzen, welches von hier aus entweder durch eine mit Lehm ausgekleidete Rinne nach der tiefer gelegenen Gußform geleitet oder in Gießpfannen, d. i. kellen- oder topfartigen, aus Eisen gefertigten und mit Lehm ausgekleideten Gefäßen von 10 bis 10 000 kg Inhalt, abgelassen wird, um in diesen nach dem Orte seiner Verwendung geschafft zu werden.

Aus dieser allgemeinen Schilderung des Herganges beim Schmelzen in Herdflammöfen folgt, daß das Metall den etwaigen chemischen Einwirkungen der Verbrennungsgase während der ganzen Zeitdauer des Schmelzens, welche gewöhnlich vier bis sechs Stunden zu betragen pflegt, ungeschützt preisgegeben ist. Diese Verbrennungsgase bestehen bei vollständiger Verbrennung aus Kohlensäure, Wasser, Stickstoff und Sauerstoff, wirken also vermöge ihres Gehalts an freiem Sauerstoff und Kohlensäure kräftig oxydirend auf viele Metalle und Metalloide, sofern letztere anwesend sind, ein; eine nur annähernd vollständige Verbrennung läßt sich bekanntermaßen niemals ohne einen ziemlich beträchtlichen Ueberschuß an freiem Sauerstoff erreichen. Arbeitet man zur Vermeidung der Oxydation mit geringem Sauerstoffüberschuß, so erhält man eine schmauchende Flamme, die Brennstoffausnützung wird ungünstiger und die Verbrennungstemperatur sinkt, so daß dieses Mittel nur bei Metallen und Legirungen mit niedrigerem Schmelzpunkte anwendbar ist. Diese Einflüsse des Flammofenschmelzens werden um so deutlicher hervortreten, je leichter oxydirbar die Bestandtheile des Metallbades sind. Schmilzt man Gußeisen, so werden zunächst Silicium und Mangan oxydirt und verschlackt. Die Folge davon ist, daß das Eisen fester als vorher wird, aber wegen des verringerten Siliciumgehalts auch weniger reichlich Graphit ausscheidet und deshalb härter, schwieriger bearbeitbar wird. Ob diese Veränderung als günstig oder ungünstig zu bezeichnen ist, hängt theils von der ursprünglichen Zusammensetzung des Gußeisens, insbesondere von seinem ursprünglichen Silicium- beziehentlich Graphitgehalte ab, theils von seiner Verwendung. Je dickere Querschnitte das Gußstück besitzt, desto reichlicher ist ohnehin wegen der langsameren Abkühlung die Graphitausscheidung, desto vortheilhafter kann die raffinirende Einwirkung des Flammofenschmelzens sein, während dasselbe Eisen für zartere Gegenstände vollständig unbrauchbar sein würde.

Aus den Bronzen werden Kupfer und Zinn oxydirt und die Oxyde lösen sich im Metallbade. Der mehrfach erwähnte Zusatz von Phosphorkupfer oder Phosphorzinn bei Beendigung des Schmelzens vermag dieselben wieder zu reduciren und wirkt deshalb gerade beim Flammofenschmelzen besonders günstig. Da der Schmelzpunkt der Bronzen mit steigendem Zinngehalte sinkt, lassen sich zinnreichere Bronzen zur Vermeidung der Oxydation mit reducirender (schmauchender) Flamme schmelzen, und so findet man bei den Glockengießern mitunter noch Oefen, in denen das Metall nach alter Sitte mit hohem Brennstoffaufwande und ganz

allmälig in Fluß gebracht wird, während dicke Rauchwolken dem Schlote entströmen.

Metallisches Zink wird mitunter, wenn es sich darum handelt, größere Mengen desselben durch längeres Flüssigerhalten von Blei 2c. zu reinigen, in Flammöfen mit reducirender Flamme geschmolzen (vergl. Bd. 7, S. 803 u. 804 nebst Fig. 326 auf letzterer Seite, einen Herdflammofen zum Umschmelzen des Zinks darstellend); zinkhaltige Legirungen aber eignen sich wegen der Leichtoxydirbarkeit und Flüchtigkeit des Zinks um so weniger zum Umschmelzen in Herdflammöfen, eine je höhere Schmelztemperatur sie besitzen und je stärker oxydirend demnach die Flamme sein muß. Aus diesem Grunde schmilzt man Neusilber niemals, Messing höchst selten in Herdflammöfen ohne Tiegel.

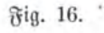
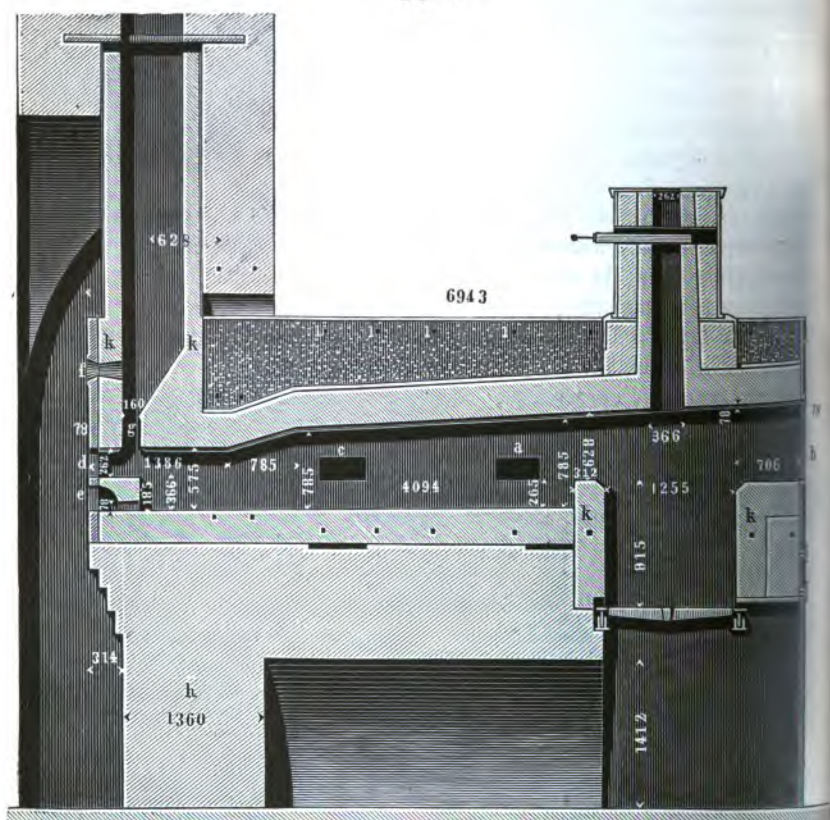


Fig. 16.



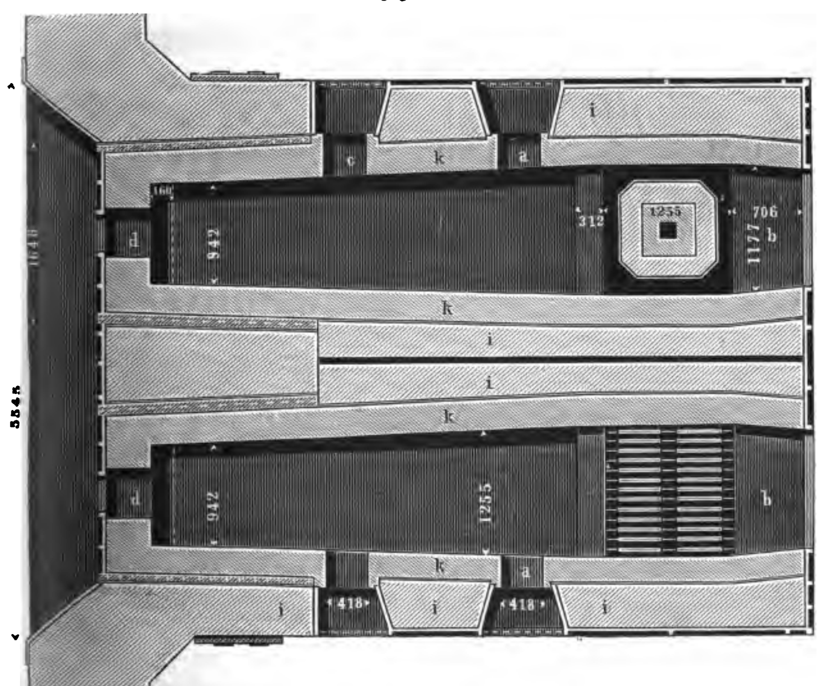
Auch solche Legirungen, bei denen es auf sehr genaue Zusammensetzung ankommt (z. B. die Legirungen der Münzwerkstätten), werden in Rücksicht auf die chemischen Einwirkungen der Herdflamme nicht ohne Tiegel geschmolzen.

Beim Schmelzen solcher Metalle, welche durch schweflige Säure beeinflußt

werden könnten, insbesondere des Kupfers und der Bronzen, pflegt man Holz als Brennmaterial zu benutzen.

Auch bei den Herdflammöfen der Gießereien unterscheidet man, wie bei denen für andere Processe, solche für Gas- und für directe Feuerung; jedoch hat die Gasfeuerung trotz ihrer Vorzüge gerade in diesem Falle noch verhältnißmäßig wenig Eingang gefunden. Der Grund hierfür ist hauptsächlich in dem Umstande zu suchen, daß die Gießereiflammöfen nur periodisch für einmalige Schmelzen in Betrieb gesetzt und dann wieder Tage lang kalt gelegt zu werden pflegen, während die Vortheile der Gasfeuerung gerade bei ununterbrochenem Betriebe sich vorzugsweise geltend machen; aus demselben Grunde würde für diesen Zweck am wenigsten ein Ofen mit Siemens'scher Regenerativfeuerung am Platze sein, dessen Nutzen erst hervortritt, nachdem die Regeneratoren eine große Wärmemenge aufgenommen haben, der Ofen also bereits mindestens zwölf Stunden lang gefeuert worden ist.

Fig. 17.



Bei den Herdflammöfen für directe Feuerung pflegt man gemäß der abweichenden Form des Herdes zwei Systeme zu unterscheiden. Das ältere derselben — deutsche Herdflammöfen oder Herdflammöfen mit gestrecktem Herde genannt — ist durch die Abbildungen Fig. 16 und 17, zwei Herdflammöfen zum Bronzeschmelzen in der Königlichen Geschützgießerei zu Spandau

darstellend, veranschaulicht. Der Herd derselben bildet, wie sich aus Fig. 16 ersehen läßt, eine schiefe Ebene, deren höchster Punkt bei der Feuerbrücke liegt; das zu schmelzende Metall wird bei der Feuerbrücke eingesetzt, fließt, sobald es geschmolzen ist, in der Richtung des Gasstroms den Herd hinab, um sich am entgegengesetzten Ende desselben zu sammeln, während die Gase durch den im Gewölbe angebrachten Fuchs *g* nach der Esse entweichen. Das Ablassen des geschmolzenen Metalls erfolgt durch das in der Stirnseite des Ofens befindliche Stichloch *e*, während über demselben ein durch einen eingesetzten Stein verschlossen gehaltenes Schauloch *d* angeordnet ist. Zum Einsetzen des Metalls vor dem Schmelzen dient die Oeffnung *b* an der Rückseite des Ofens, welche nach beendigtem Einsetzen vermauert wird, um das Ansaugen äußerer Luft nach Möglichkeit zu verhüten; die Bedienung des Rostes erfolgt durch den in der Decke des Gewölbes angebrachten, durch einen Schieber verschlossen gehaltenen Füllschacht.

Fig. 18.

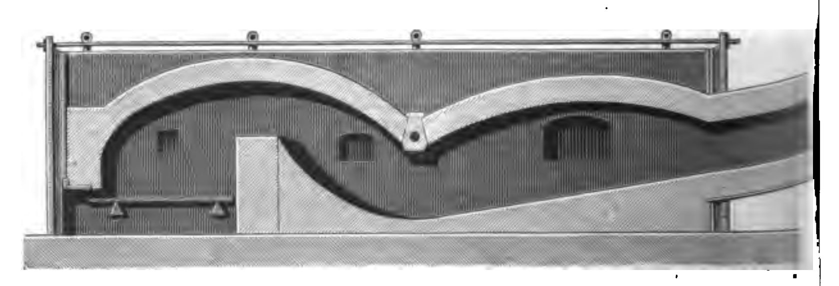
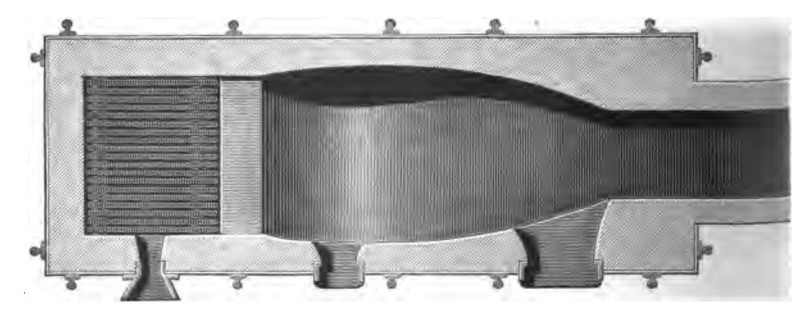


Fig. 19.



Oefen des zweiten Systems nennt man **Staffordshire-Oefen** oder **Sumpföfen**. Die Abbildungen Fig. 18 und 19 stellen einen derartigen Ofen dar. Der Sammelraum für das geschmolzene Metall liegt hier unmittelbar hinter der Feuerbrücke, das Stichloch demnach an der einen Langseite des Ofens. Damit dieser Raum genügend erhitzt werde, ist das Gewölbe hier möglichst tief abwärts gezogen, so daß die Flamme gezwungen ist, dicht über der Herdsohle und dem sich sammelnden Metalle hinwegzustreichen. Das rohe Metall

wird am äußersten Ende des Ofens in der Nähe des Fuchses eingesetzt und fließt bei beginnendem Schmelzen dem Gasstrome entgegen auf der stark geneigten Herdsohle hinunter. Man schreibt Oefen dieses Systems eine günstigere Wärmeausnutzung zu als denjenigen der zuerst erwähnten Form und giebt ihnen bei neueren Anlagen gewöhnlich den Vorzug, obgleich die Erfahrung diese Annahme nicht gerade immer bestätigt.

Gegenüber den Tiegelöfen besitzen die Herdflammöfen ohne Tiegel den Vortheil einer günstigeren Wärmeabgabe und einer im Verhältnisse zu der Menge des Metalls geringeren wärmeausstrahlenden Außenfläche; anderentheils wird der Wirkungsgrad herabgedrückt durch die hohe Temperatur, mit welcher die Verbrennungsgase den Ofen verlassen müssen. Man kann für Herdflammöfen mit directer Feuerung zum Gußeisen- oder Bronzeschmelzen einen Wirkungsgrad von 0,075 bis 0,10 rechnen, der bei ununterbrochenem Betriebe mit Wärmezurückführung (Siemens- oder ähnliche Ofensysteme) sich auf 0,15 bis 0,20 erhöht.

d. Schacht- oder Cupolöfen.

Wie bei allen Schachtöfen besitzt der Schmelzraum senkrechte Achse und ist oben offen. Das zu schmelzende Metall wird in abwechselnden Schichten mit dem Brennmateriale in die obere Mündung, die Gicht, eingefüllt; Verbrennung und Schmelzung finden im unteren Theile des Schachtes statt; die Verbrennungsgase steigen aufwärts, um durch die Gicht zu entweichen, die Schmelz- und Brennmaterialien sinken allmälig abwärts und werden so lange durch frisch aufgeschüttete ersetzt, als das Schmelzen dauern soll. Diese entgegengesetzte Bewegung der wärmeabgebenden und wärmeaufnehmenden Körper ermöglicht es, einen großen Theil der aus dem Schmelzraume abziehenden Wärme, indem sie an die niederrückenden Materialien abgegeben wird, wieder nach dort zurückzuführen, und erhebt den Schachtofen zu dem vollkommensten aller Schmelzapparate, sofern es sich nur um Wärmeausnutzung handelt. Das geschmolzene Metall sammelt sich entweder in dem unteren Theile des Schachtes unterhalb der Einströmungsöffnungen für die Verbrennungsluft (dem Herde des Ofens) oder in einem besonderen, durch einen Canal mit dem Schachte verbundenen Sammelraume, welcher alsdann Vorherd genannt wird. Durch das am tiefsten Punkte des Herdes beziehentlich Vorherdes befindliche Stichloch wird schließlich das Metall abgelassen.

Als Brennstoffe benutzt man Holzkohlen oder besser und weit häufiger Coks; denn da in dem Cupolofen Reductionsprocesse nicht stattfinden sollen, so wird derjenige Brennstoff den günstigsten Effect liefern, welcher am leichtesten und vollständigsten zu Kohlensäure verbrennt, die geringste Menge Kohlenoxyd liefert. Je mehr Oberfläche aber ein Brennstoff darbietet, je poröser, je weniger dicht er ist, desto mehr Kohlenoxydgas wird bei seiner Verbrennung gebildet werden; und hieraus erklärt es sich, daß das Cupolofenschmelzen mit Holzkohlen die doppelte bis dreifache Menge Brennstoff erforderlich macht als bei Anwendung dichter Coks.

Da die Cupolöfen eine Höhe von mindestens 2,5 m besitzen müssen, wenn die Gase nicht allzu reichliche Wärmemengen ungenutzt entführen sollen, so ist,

damit die Gase die Schmelzsäule durchdringen können, Gebläsewind erforderlich. Eine reichliche Vertheilung desselben beim Eintritte in den Ofen ist nothwendig, wenn unnöthige Kohlenoxydgasbildung vermieden werden soll; und es ist deshalb Regel bei allen modernen Cupolofenconstructionen, so weite Einströmungsquerschnitte anzuordnen, daß die Windspannung in der Leitung fast nur durch die Gasspannung im Ofen, nicht durch den Düsenquerschnitt erzeugt wird.

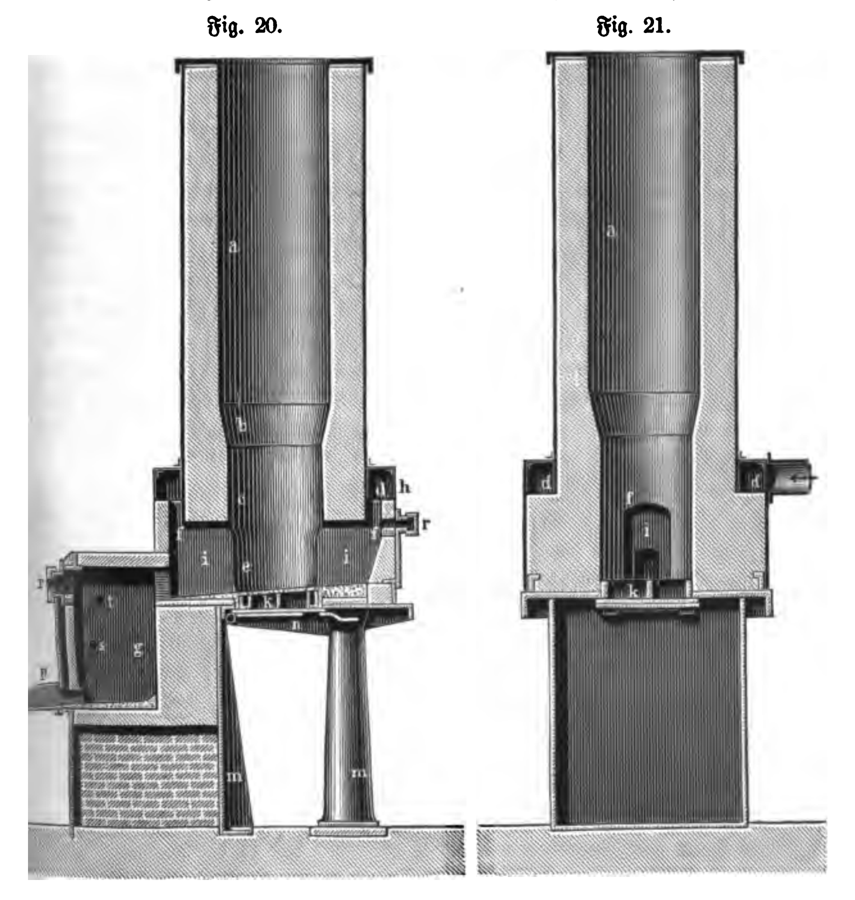
Da beim Cupolofenschmelzen das Metall in ausgedehntester Berührung mit dem Brennstoffe und den Verbrennungsgasen sich befindet, so sind alle jene Metalle vom Cupolofenschmelzen ausgeschlossen, welche hierdurch eine erhebliche Benachtheiligung ihrer Qualität — sei es durch Oxydation, sei es durch Auflösung von Gasen, oder in anderer Weise — erfahren könnten. Auch zum Schmelzen von sehr kleinen Mengen Metall und von sehr werthvollen Metallen ist der Cupolofen, dessen Durchmesser immerhin ein gewisses Maß erreichen muß, und in welchem mechanische Verluste nicht ganz zu vermeiden sind, nicht so gut geeignet als der Tiegelofen. Hieraus erklärt es sich, daß fast nur Gußeisen in Cupolöfen geschmolzen wird; da aber dieses in den Gießereien in weit größeren Mengen verarbeitet wird als alle übrigen Metalle zusammengenommen und der Cupolofen außerdem gegenüber den oben besprochenen Herdflammöfen den Vortheil einer günstigeren Wärmeausnutzung und bequemeren Betriebsführung besitzt, so bildet derselbe, obschon nur für dieses eine Metall benutzt, doch unter sämmtlichen Schmelzapparaten den am häufigsten verwendeten.

Aber auch das Gußeisen bleibt nicht ganz von den chemischen Einflüssen des Cupolofenschmelzens verschont. Es findet Oxydation statt, welche sich zunächst auf die am leichtesten oxydirbaren Bestandtheile des Gußeisens — Silicium, Mangan und gewisse Mengen Eisen — erstreckt; auch kleinere Antheile Kohle können, wenn die Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoff durch eine sehr hohe im Cupolofen erzeugte Temperatur gesteigert ist, schon mit verbrannt werden. Die Einflüsse sind also denen des Herdflammofenschmelzens ganz ähnlich, aber bei dem rascheren Verlaufe des Schmelzens weniger intensiv. Einer etwaigen durch dieselben hervorgerufenen Benachtheiligung der Gußeisenqualität für bestimmte Zwecke läßt sich von vornherein entgegenwirken, indem man als Material zum Schmelzen ein Eisen benutzt, welches einen entsprechenden Ueberschuß jener durch Oxydation theilweise austretenden, zur Hervorrufung bestimmter Eigenschaften des Gußeisens nothwendigen Bestandtheile (insbesondere Silicium) besitzt. Hierauf beruht in der That der in allen Eisengießereien übliche Zusatz eines grobkörnigen d. i. silicium- und kohlenstoffreichen (2 bis 3 Proc. Si, $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Proc. C enthaltenden) Roheisens — sogenannten Roheisens Nr. I — zu schon umgeschmolzenem oder allgemein zu siliciumärmerem Gußeisen, wenn gewöhnliche, leicht bearbeitbare Gußwaaren, zu denen ein graphitreiches Material erforderlich ist, hergestellt werden sollen.

Der inneren Form des Schachtes sowie der Art und Weise der Windeinführung gemäß unterscheidet man eine ziemlich große Zahl sogenannter Cupolofensysteme, die jedoch, sofern sie die Bedingung erfüllen, den Wind in reichlicher Vertheilung aus großen Ausflußquerschnitten in den Ofen zu führen, sich kaum erheblich in ihrer Wirkung von einander unterscheiden. Einer der am häufigsten

nutzten Cupolöfen ist der von H. **Krigar** in Hannover eingeführte und nach ihm enannte Krigarofen. Die Figuren 20 und 21 stellen einen solchen Ofen mit dem, ebenfalls von **Krigar** zuerst angewendeten, Vorherde dar. Der Wind wird bei diesem Ofen durch das Windrohr zunächst in den rings um den Schacht herumlaufenden Canal *d* geführt und strömt aus diesem durch die senkrechten Schlitze *f*

Fig. 20. Fig. 21.



(Fig. 20) und die breiten überwölbten Oeffnungen *ii* in den Ofen, sich in dieser Weise sofort auf eine große Fläche vertheilend und dem Brennstoffe eine große Oberfläche darbietend. *g* ist der Vorherd, in der aus Fig. 20 ersichtlichen Weise mit dem Ofenschachte verbunden, mit Stichloch und Ausflußrinne *p* für das geschmolzene Eisen versehen, während die an der einen Seite angebrachten kleinen Oeffnungen *t* und *s* dazu dienen, von Zeit zu Zeit die auf dem Roheisen sich sammelnde, aus zugeschlagenem Kalkstein und den beim Schmelzen entstehenden Oxydationsproducten gebildete Schlacke abzulassen. Der Boden des Schachts ist durch eine mit Herdmasse überkleidete gußeiserne Klappe *k* gebildet, welche nach

beendigtem Schmelzen geöffnet wird und so in einfacher Weise eine Entleerung des Ofens von zurückgebliebenen Coksstücken, Schlacken u. dergl. m. gestattet. Zum Einsteigen in den Ofen behuf vorzunehmender Reparaturen, Einsetzen der Schachtsteine ꝛc. dient die an der Rückseite angebrachte Thür, welche während des Schmelzens durch vorgesetzte Steine vor der Einwirkung der Hitze geschützt ist. Ein in derselben befindliches, durch eine Glimmerplatte verschlossen gehaltenes Schauloch *r* gestattet die Beobachtung der Vorgänge im Innern und unter Umständen die Einführung von Werkzeugen in den Ofen, um Schlackenansätze loszubrechen u. dergl.

Die Ausnutzung der Wärme ist aus den schon oben erörterten Gründen bei den Cupolöfen günstiger als in jedem anderen Ofensysteme. Ein Theil der überhaupt entwickelten Wärme wird bei jedem Schmelzen zum Anwärmen des Ofens verbraucht, welches jedesmal eine dem Durchmesser des Schachts entsprechende Menge Brennstoff erheischt; ein anderer Theil Wärme, welcher von den Wänden des Ofens, den zurückbleibenden Brennstoffen ꝛc. aufgenommen war, geht beim Ausblasen des Ofens verloren. Je größer also das jedesmalige Schmelzen ist, desto günstiger wird der Wirkungsgrad sein.

Bei einer dem Zwecke des Ofens entsprechenden Construction, Anwendung dichter Coks und Schmelzen von etwa 10 000 kg Roheisen pflegt sich der Wirkungsgrad der Cupolöfen auf durchschnittlich 0,30 zu beziffern.

3) Die Gußformen.

Eine Gußform wurde bereits oben als ein Behälter für das flüssige Metall bezeichnet, in welchem dasselbe erstarrt und somit seine Formgebung erhält. Soll ein Abguß Oeffnungen oder Löcher erhalten, so muß die Gußform offenbar da, wo dieselben entstehen sollen, voll sein; man erreicht diesen Zweck gewöhnlich durch besondere eingesetzte Stücke, welche man **Kerne** nennt. So z. B. versieht man die Gußform zu einem Rohre, einem Cylinder u. dergl. mit einem eingelegten Kerne, dessen äußerer Durchmesser gleich der inneren Weite des Rohrs, Cylinders u. s. w. ist; eine Statue gießt man hohl, indem man in die Gußform einen Kern von solcher Form und solchen Abmessungen einlegt, daß der Zwischenraum zwischen Kern und Gußformwand der Wandstärke des zu fertigenden Abgusses entspricht; u. s. f.

Hinsichtlich der zur Anfertigung der Gußformen (und Kerne) dienenden Materialien lassen sich dieselben in zwei große Gruppen sondern. Die eine derselben umfaßt alle diejenigen Gußformen, welche vermöge der Eigenthümlichkeiten des benutzten Materials sich nur für einen einmaligen Guß eignen, für jeden folgenden Guß aber frisch hergestellt werden müssen. Man nennt sie **einmalige** oder **verlorene** Gußformen und das Verfahren ihrer Herstellung die **Förmerei**. Als Material für dieselben pflegt feuchter Sand, Masse, d. h. ein Gemenge von Sand und Thon, oder Lehm zu dienen.

Die zur zweiten Gruppe gehörenden Gußformen lassen sich, wenn sie einmal hergestellt sind, zur Anfertigung zahlreicher Abgüsse benutzen. Sie heißen

beständige oder starre Gußformen, Schalen oder Coquillen. Als Material für dieselben dient gewöhnlich Metall (Gußeisen, Bronze, Messing), bisweilen Gesteine (Schiefer, Granit), für Metalle mit niedrigen Schmelzpunkten auch wohl Holz, Gyps, Pappe oder gepreßtes Papier.

So naheliegend es dem Laien erscheinen mag, für öftere Anfertigung bestimmter Gegenstände ausschließlich beständige Gußformen anzuwenden und solcherart die Kosten der jedesmaligen Herstellung zu sparen, so findet doch gerade diese Art der Gußformen eine verhältnißmäßig seltenere Verwendung als die einmaligen Gußformen. Denn einestheils sind die Herstellungskosten der beständigen Gußformen gewöhnlich ganz beträchtlich höher als die der einmaligen, so daß schon eine große Zahl Abgüsse gefertigt werden muß, um jene Differenz auszugleichen; zweitens — und hierin liegt das hauptsächlichste Hinderniß einer ausgedehnten Anwendung derselben — lassen sie sich überall da nicht verwenden, wo die Schwindung des Abgusses durch dieselben behindert werden würde. Denkt man sich z. B. ein gegossenes Rad in einer vollständig metallenen Gußform erkaltend, so wird man sich leicht sagen, daß hier eine Schwindung gar nicht ohne Zerreißen des Abgusses möglich ist. Je größer der Schwindungscoefficient des zum Guſſe benutzten Metalls, je weniger nachgiebig es ist, und je größer die Abmessungen des Abgusses sind, desto mehr Rücksicht muß auf diesen Umstand genommen werden. Eine Gußform aus Sand, Masse oder Lehm giebt der Schwindung nach oder läßt sich, wenn sie allzu großen Widerstand bieten sollte, rechtzeitig zerstören, sobald die Erstarrung eingetreten ist. Endlich aber sind — wenigstens in der Eisengießerei — auch die Einflüsse in Betracht zu ziehen, welche die durch Anwendung metallener Gußformen hervorgerufene rasche Abkühlung auf die Beschaffenheit des Gußmaterials ausübt. Gußeisen wird bekanntlich durch rasche Abkühlung graphitärmer, hart, weiß; wo also eine solche Beeinflussung nachtheilig wirkt, ist die Anwendung der betreffenden Gußformen von selbst ausgeschlossen. Aus diesen Gründen findet man beständige Gußformen aus Metall oder anderem Materiale am häufigsten von den Zinngießern, und zwar hier für alle möglichen Formen verwendet, da das Zinn und dessen Legirungen wenig schwinden und leicht nachgeben, auch wenn die Schwindung etwas behindert sein sollte; in den Zinkgießereien für solche Gegenstände, deren Form eine Schwindung innerhalb der Gußform ermöglicht; seltener und auch nur unter derselben Bedingung in den Messing- und Bronzegießereien; in den Eisengießereien nur dann, wenn die Absicht vorliegt, den Abgüssen an einzelnen Stellen durch raschere Abkühlung einen größeren Härtegrad zu verleihen (Hartwalzen, Laufflächen von Wagenrädern 2c.).

a. Einmalige Gußformen.

Das für die Herstellung derselben bestimmte Material muß verschiedene Eigenschaften besitzen, um diesem Zwecke genügen zu können. Es muß erstens bildsam sein, d. h. es muß sich mit Leichtigkeit in bestimmte Formen drücken lassen; und es erhält diese Bildsamkeit in allen Fällen erst durch Annässen mit Wasser. Zweitens muß es trotz dieser Bildsamkeit genug Cohärenz besitzen, um

den mechanischen Einflüssen beim Gießen und Erstarren Widerstand zu leisten, ohne daß eine vorzeitige Beschädigung der Gußform eintreten kann. Es muß aber drittens auch porös (durchlässig) genug sein, um den beim Gießen hocherhitzter Metalle zwischen den Körnchen des Formmaterials sich entwickelnden Gasen und Dämpfen einen Ausweg zu gestatten. Im Allgemeinen ist diese Durchlässigkeit um so größer, die Festigkeit aber auch um so geringer, je reicher an Quarzkörnern, je ärmer an thonigen Bestandtheilen das Formmaterial ist. Man vermindert daher die Dampfentwickelung bei den aus Masse oder Lehm gefertigten Gußformen und erhöht beträchtlich ihre Festigkeit, indem man sie vor dem Guſſe in besonderen Trockenkammern trocknet, oder, wenn Metalle mit sehr hohen Schmelztemperaturen gegossen werden sollen (Gußstahl), sogar in Rothglühhitze brennt. Sandformen dagegen werden ohne Trocknung zum Gießen von Gußeisen und anderen Metallen benutzt (Guß in nassem oder grünem Formsande), wobei die Wasserdämpfe durch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnchen hindurch entweichen müssen.

Damit nicht das Formmaterial mit den Metallen, welche in hoher Temperatur schmelzen (Stahl, Gußeisen, Bronze, Messing), an den Berührungsflächen zusammenfritte, pflegt man die Wände der Gußformen mit einer dünnen Schicht eines isolirenden, unschmelzbaren Körpers zu überziehen und benutzt hierzu aufgestäubte Holzkohle bei den Gußformen im nassen Sande, Graphit, in Mehl- oder Thonwasser eingerührt und mit dem Pinsel aufgetragen, bei getrockneten Gußformen; oder man mischt auch wohl eine kleine Menge gemahlener Steinkohle zu dem Formmateriale, welche im Augenblicke des Gießens unter Gasentwickelung zersetzt wird und jedes Sandkörnchen mit einer vor dem Anfritten schützenden Gashülle umgiebt.

Zur Herstellung der Gußformen dient ein Modell, welches äußerlich die Form und Abmessungen (unter Berücksichtigung des Schwindmaßes) des zu fertigenden Abgusses besitzt und meistens aus Holz, bisweilen aus Gyps oder Metall gefertigt wird; oder für Gußformen von regelmäßiger Gestalt nicht selten statt des kostspieligeren Modells eine Schablone aus Holz, welche dem Profile des Abgusses entsprechend ausgeschnitten ist. In der Modellformerei geschieht die Anfertigung der Gußformen, indem man rings um das Modell herum das Formmaterial feststampft oder drückt und dann das Modell heraushebt (wozu gewöhnlich eine Zerlegung der Gußform und häufig auch des Modells in verschiedene Theile erforderlich ist); in der Schablonenförmerei wird die Schablone entweder nach einer Leitlinie vorwärts bewegt oder, sofern Rotationskörper hergestellt werden sollen, um eine Achse gedreht, solcherart die Umrisse der Gußform festlegend.

Nach der äußeren Einrichtung der Gußformen unterscheidet man im Wesentlichen drei Arten derselben.

Herdgußformen.

Herd nennt man in der Gießerei eine natürliche oder künstlich hergestellte Lage porösen Formsandes, deren Oberfläche im Niveau der Hüttensohle zu liegen pflegt, und welche eine solche Stärke besitzt, daß man im Stande ist, einfache, oben ganz oder theilweise offene Gußformen durch Eindrücken eines Modells in der-

elben herzustellen. Das Metall erstarrt in der oben offenen Gußform mit horizontaler Oberfläche und diese, nur in Folge der bei der Erstarrung eintretenden physikalischen und chemischen Vorgänge etwas von einer genauen Ebene abweichende Oberfläche kennzeichnet den offenen Herdguß. Beispielsweise stellt Figur 22 die

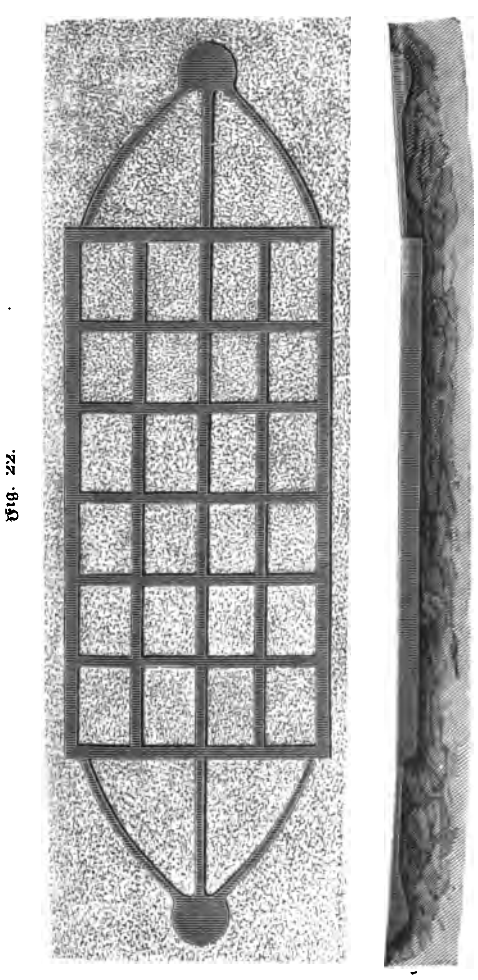
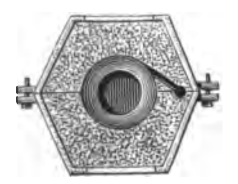


Fig. 22.

Fig. 23.





Gußform zu einem Fenster in Herdguß dar. Das flüssige Metall wird von links und rechts aus durch die dort erkennbaren „Eingüsse“ in die Gußform geleitet, bis dieselbe bis zu einer der gewünschten Stärke des Abgusses entsprechenden Höhe gefüllt ist.

Kastengußformen.

Um die Gußformen heben, wenden, auseinander nehmen und wieder zusammensetzen zu können, wie es wegen des Heraushebens des Modells stets dann erforderlich ist, wenn sie ringsum geschlossen sind, giebt man ihnen eine kastenförmige

10*

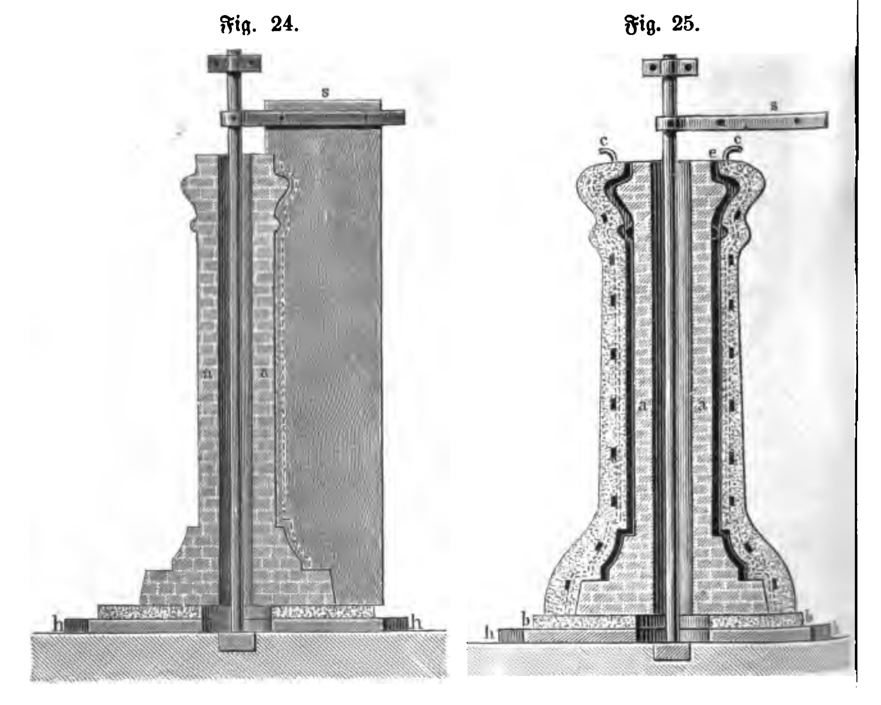
Umhüllung aus Gußeisen, seltener aus Holz oder Schmiedeeisen. Diese, eine große Gruppe der Gußformen kennzeichnenden Umhüllungen heißen **Formkasten** und das Verfahren ihrer Anwendung die **Kastenförmerei**. Fig. 23 (a. v. S.) stellt z. B. eine Kastengußform für eine Walze dar. Der Formkasten besteht hier aus zwei Theilen, die zusammen sechseckigen Querschnitt besitzen und durch Dübel mit einander verbunden sind. Das flüssige Metall strömt durch den an der rechten Seite befindlichen Einguß in die Form und sammelt sich zuletzt, nachdem die eigentliche Gußform angefüllt ist, zu oberst derselben in dem verlorenen Kopfe, dessen Bestimmung früher schon erläutert wurde.

Als Material für die Kastenförmerei pflegt Formsand oder Masse, nur in Ausnahmefällen Lehm zu dienen.

Freie Gußformen.

Bei diesen dient statt des Formkastens Mauerung oder ein Gerippe aus eingelegten und unter einander verbundenen Eisenstäben als Rüstung, um sie zerlegen und transportiren zu können. Als Beispiel für die freie Formerei und zugleich

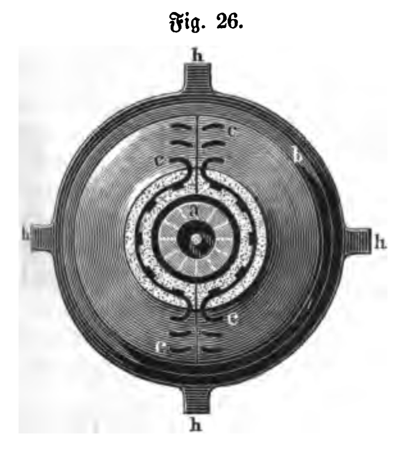
Fig. 24. Fig. 25.



für die Anwendung von Schablonen bei Herstellung der Gußformen mögen die Abbildungen Fig. 24, 25 und 26 dienen, die Gußform für einen gußeisernen Schornsteinaufsatz darstellend. Man mauert zunächst auf dem Gußeisenringe *h*

den „Kern“ *a* aus Lehmziegeln und Lehm von unten aus auf, indem man die an dem Arme *s* der in der Mitte des Ringes *h* aufgestellten Spindel befestigte Schablone im Kreise herumbewegt (Fig. 24). Nun trocknet man den Kern, überzieht ihn mit einer dünnen Schicht Asche, Graphit oder dergleichen (um das Anhaften der folgenden Schicht zu verhindern), schneidet aus der Schablone so viel heraus, als die Wandstärke des Abgusses betragen soll (wie die punktirte Linie in Fig. 24 andeutet), und trägt nun unter abermaliger Benutzung der Schablone eine dieser Wandstärke entsprechende Lehmschicht auf den Kern auf (das „Hemde“ genannt). Es wird abermals getrocknet, die Schablone entfernt und nun aus freier Hand die äußerste Schicht, der „Mantel“, auf das Hemde aufgetragen. Derselbe muß später aus einander genommen werden können und deshalb aus zwei, durch diagonale Fugen getrennten Hälften bestehen (vergl. Fig. 26); in den Mantel legt man, um ihm die nöthige Festigkeit zu verleihen, Eisenstäbe *c c* ein, dem Profile der Gußform entsprechend gebogen und durch horizontale halbe Ringe, welche durch Bindedraht an denselben befestigt werden, zu einem vollständigen Gerippe verbunden (Fig. 25 und 26). Wenn auch der Mantel trocken ist, nimmt man ihn aus einander, schlägt das Hemde, welches nunmehr seinen Zweck erfüllt hat, ab, verputzt den Kern und den Mantel und setzt den letzteren über dem Kerne zusammen.

Fig. 26.



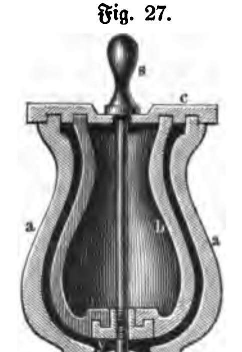
b. Beständige Gußformen.

Auch bei diesen unterscheidet man offene und geschlossene Gußformen. Offene kommen nur dann zur Anwendung, wenn es sich darum handelt, einem flüssigen Metalle — sei es unmittelbar nach der Gewinnung desselben oder nach stattgehabtem Umschmelzen — eine erste rohe Form zu verleihen, die durch spätere Processe erhebliche Aenderungen zu erleiden pflegt. Sie sind gewöhnlich rinnenförmig oder prismatisch gestaltet. Die Gold- und Silberarbeiter pflegen ein mit langer schmaler Höhlung versehenes vierkantiges Eisenstück, welches an einem hölzernen Griffe in der Hand gehalten wird, zu benutzen, um Gold- oder Silberstäbchen zu gießen, die zu Draht oder Blech ausgearbeitet werden sollen; Flußeisen pflegt man in sechsseitig-prismatische oder schlank pyramidale Formen zu gießen, um die entstehenden Blöcke später im Walzwerke oder unter dem Hammer weiter zu verarbeiten; Metalle, welche zu Blechen ausgewalzt werden sollen (Blei, Zinn, Zink, Messing, Neusilber u. a.) gießt man zwischen Platten aus Gußeisen, Sandstein, Granit zu starken Tafeln, die mitunter vor dem Auswalzen mit Hülfe

besonderer Sägen erst in dünnere Tafeln zerschnitten werden. Man befördert, indem man zunächst dickere Platten gießt, das Entweichen der sich entwickelnden Gase aus der Gußform und erzielt solcherart dichtere Güsse, ein Umstand, der besonders bei dem an Gasen reichen Neusilber von Wichtigkeit ist.

Geschlossene Gußformen werden stets dann benutzt, wenn der Abguß bereits die Form des Gebrauchsgegenstandes erhalten soll. Da das Material der geschlossenen Gußformen undurchlässig für Luft und Gase ist, so muß man bei Anfertigung derselben Sorge tragen, daß der vor dem Gießen in der Form eingeschlossenen Luft ein Ausweg gesichert ist. Gewöhnlich bringt man zu diesem Zwecke feine Canäle an, welche aus dem Innern der Form durch die Wand derselben hindurch nach außen führen. In der Regel müssen diese Gußformen aus mehreren Theilen zusammengesetzt sein, damit der Abguß ohne Schwierigkeit herausgenommen werden kann; in diesem Falle pflegt man jene Luftcanäle auf den Trennungsfugen der einzelnen Theile einzuarbeiten. Je stärker gegliedert der Abguß ist, in desto mehr einzelne Theile muß die Gußform zerlegt werden. Soll der Abguß hohl werden — wie es meistens der Fall ist —, so ist ebenso wie bei den einmaligen Gußformen ein Kern erforderlich.

Fig. 27.





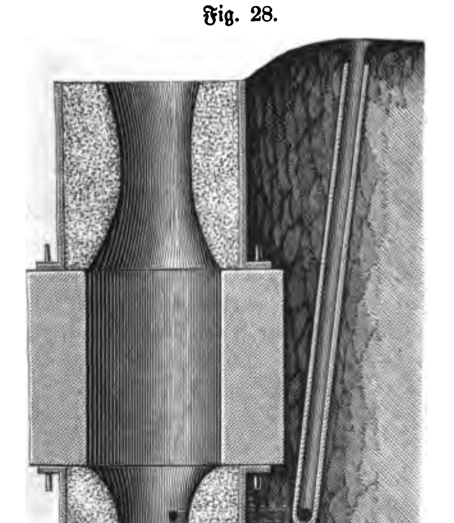
Als Beispiel für solche zusammengesetzte Gußformen, wie sie von den Zinngießern vielfach benutzt werden, möge die in Fig. 27 gegebene Abbildung einer Gußform zu einer geschweiften Kanne mit angegossenem Fuße dienen. Der Mantel *a* der Gußform (von den Zinngießern „Hobel" genannt) besteht aus zwei Theilen nebst Deckel *c* und Boden *d* und läßt sich, nachdem die beiden letztgenannten Stücke entfernt sind, ohne Schwierigkeit vom Abgusse loslösen. Dagegen würde offenbar der Kern, wenn er nur aus einem oder zwei Stücken bestände, nicht aus dem Abgusse heraus zu bringen sein. Er ist deshalb durch Verticalschnitte, von welchen die das Stück *x* begrenzenden etwas nach innen divergiren, in fünf Theile zerlegt, welche oben in den Deckel, unten in das Stück *y* mit einem Rande (Schlosse) eingreifen. *y* ist oben und unten mit Schraubenmuttergewinde versehen, so daß, wenn Boden und Deckel aufgelegt und die beiden Schrauben *s* und *t* eingedreht sind, nunmehr die Form ein festes Ganze bildet. Das flüssige Metall wird durch den seitlich angebrachten, radial gegen die Form gerichteten und im Grundrisse erkennbaren „Einguß" in die Form hineingegossen.

Nach beendigtem Gusse werden die beiden Schrauben gelöst, Boden, Deckel und Hobel entfernt, dann das Stück *x* des Kerns nach innen herausgenommen,

worauf die übrigen Theile von selbst losgehen. Ausguß und Henkel werden bei derartigen Gefäßen in besonderer Form hergestellt und entweder angelöthet oder auch ohne Weiteres angegossen, indem man die Gußform für diese Theile, welche an der Berührungsstelle mit dem Gefäße offen sein muß, in richtiger Lage gegen die Wand des Gefäßes drückt und nun das flüssige Metall eingießt, welches dann mit dem Metalle des Gefäßes zusammenschmilzt.

Wie schon oben erwähnt wurde, benutzt man in den Eisengießereien mitunter beständige Gußformen aus Gußeisen, um den gegossenen Gegenständen durch die raschere Abkühlung eine größere Härte, in diesem Falle gleichbedeutend mit größerer Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung, zu verleihen. Das für solche Zwecke benutzte Gußeisen muß besondere Eigenschaften besitzen, d. h. es muß durch einen etwas geringeren Silicium- und höheren Mangangehalt als für die gewöhnlichen Zwecke befähigt werden, durch rasche Abkühlung weiß, durch langsame Abkühlung grau zu werden; und demnach zeigen derartige, in gußeisernen Formen hergestellte Abgüsse da, wo sie mit der Gußform in Berührung waren, ein weißstrahliges Gefüge, welches nach den langsamer erkalteten Theilen des Querschnitts hin allmälig in das normale körnige Gefüge mit Graphitausscheidung übergeht. Man nennt solche Abgüsse Hartguß und betreibt ihre Herstellung in manchen Eisengießereien als besonders ausgebildete Specialität.

Fig. 28.



Da nun aber mit der Härte des Gußeisens seine Sprödigkeit wächst und seine Bearbeitungsfähigkeit durch schneidende Werkzeuge abnimmt, jene Einflüsse, welche eine mechanische Abnutzung anstreben, aber gewöhnlich nur an einzelnen Stellen des Gebrauchsgegenstandes zur Geltung gelangen, so pflegt man die Anwendung gußeiserner Formen beim Hartgusse auch nur auf diejenigen Stellen der Oberfläche des Abgusses zu beschränken, welche besonders hart ausfallen sollen, und alle übrigen Theile in Sand, Masse oder Lehm zu gießen. Es wird demnach eine solche Gußform für Hartguß aus einer Combination einer einmaligen mit einer beständigen Gußform gebildet. Bei einer sogenannten Hartwalze z. B., wie sie in den Eisenwalzwerken zum Poliren gewalzter Eisenstäbe und zu anderen Zwecken gebraucht wird, soll der mittlere Theil der Walze, der sogenannte Walzenbund, hart, die Zapfen aber weich sein, damit sie dem Abbrechen weniger leicht

ausgesetzt sind und sich leichter bearbeiten lassen. Eine Gußform für eine solche Hartwalze besteht demnach, wie es Fig. 28 (a. v. S.) darstellt, aus drei Haupttheilen: einem mittleren, aus Gußeisen gefertigten Theile für den Walzenbund; einem oberen und einem unteren, in Masse oder Lehm gefertigten und von je einem Formkasten eingeschlossenen Theile für die Zapfen. Das Ober- und Untertheil werden, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, durch Dübel mit dem gußeisernen Mitteltheile, der Coquille, verbunden, damit sie ihre richtige Stellung gegen dasselbe behalten; auf dem oberen Zapfen pflegt man, wie bei der abgebildeten Gußform, einen verlornen Kopf zu dem schon mehrfach erwähnten Zwecke anzubringen. Das flüssige Metall dagegen wird durch den seitlich angebrachten Einguß von unten her in die Form geführt.

II. Die Formgebung durch Dehnung.

Durch eine äußere mechanische Kraft wird bei den hierher gehörigen Arbeiten eine Aenderung in der Lagerung der Molecüle und somit eine Umformung des Metallstücks herbeigeführt. Es ist mithin ein Apparat erforderlich, welcher die durch Elementarkraft oder Menschenkraft geleistete Arbeit auf das Arbeitsstück überträgt; und häufig wird derselbe durch besondere formgebende Theile ergänzt, welche, ähnlich wie die Gußformen beim Gießen, die äußere Umgrenzung des Arbeitsstücks ausbilden und bei den verschiedenen für die Formgebung dienenden Apparaten verschiedene Einrichtung und verschiedene Benennung besitzen (Gesenke, Matrizen, Kaliber u. a. m.).

Wie schon erwähnt, versetzt man nicht selten durch Erhitzung die zu verarbeitenden Metalle in einen weicheren, plastischeren Zustand; und in anderen Fällen ist eine spätere Erhitzung nothwendig, um dem Arbeitsstücke die während der Verarbeitung entstehende Sprödigkeit zu nehmen. Für diese Zwecke sind mithin außer den formgebenden Apparaten auch Erhitzungsapparate erforderlich.

1) Die Arbeitseigenschaften der Metalle hinsichtlich ihrer Formgebung durch Dehnung.

a. Dehnbarkeit und Zähigkeit.

Wirkt auf irgend einen festen Körper eine äußere Kraft ein, so verursacht dieselbe in allen Fällen eine, wenn auch oft unmerkliche, Verschiebung der Molecüle, gleichbedeutend mit einer Formveränderung des Körpers. Diese Verschiebung würde nun, so lange die Kraft einwirkt, ununterbrochen fortdauern und es würde demnach auch eine stetig fortschreitende Formveränderung stattfinden, wenn nicht

der Widerstand, den die Molecüle ihrer Verschiebung entgegensetzen, mit dieser Verschiebung stetig zunähme, so daß — sofern die Intensität der einwirkenden Kraft ein gewisses Maß nicht übersteigt — das Maß jenes Widerstandes allmälig gleich der einwirkenden Kraft wird und alsdann Gleichgewicht eintritt. Dieser Vorgang läßt sich täglich beobachten. Hängt man an einem Faden, einem Drahte eine Last auf, so tritt Verlängerung ein, bis die Größe des Widerstandes gegen weiter fortgesetzte Verlängerung gleich der Größe der Last geworden ist; ein horizontaler Balken biegt sich schon unter seinem eigenen Gewichte, stärker noch unter einer fremden Last; aber die Einbiegung hört auf, sobald jenes Maß erreicht ist, wo der wachsende Widerstand der Molecüle gegen weitere Verschiebung die Einwirkung der Last ausgleicht. Sobald aber die einwirkende Kraft aufhört, wirksam zu sein, kehren auch die Molecüle in ihre ursprüngliche Lage zurück, der Körper nimmt — wenigstens annähernd — seine erste Form wieder an, eine Eigenschaft, welche man als Elasticität der Körper bezeichnet. Das Maß der stattgehabten Formveränderung hierbei ist bekanntlich theils von dem Maße der Kraft, theils von dem Elasticitätscoefficienten des betreffenden Metalls abhängig.

Uebersteigt nun aber die Intensität der einwirkenden Kraft eine gewisse Grenze, welche man die Elasticitätsgrenze des betreffenden Materials nennt, so wird jene Zunahme des Widerstandes der Molecüle gegen Verschiebung geringer; in Folge dessen tritt eine weiter gehende Formveränderung ein und, was besonders wichtig ist, die Molecüle kehren nicht mehr in ihre ursprüngliche Lage zurück, wenn die Krafteinwirkung aufhört; die Formveränderung ist bleibend.

Wird die Kraft noch mehr gesteigert, so wird schließlich die zwischen den einzelnen Molecülen thätige Cohäsionskraft überwunden, der Zusammenhang hört auf, es tritt Bruch oder Zerreißung ein. Der Festigkeitscoefficient des Körpers giebt uns das Maß der Kraft für diesen letzteren Vorgang.

Jene Eigenschaft der Körper, unter Einwirkung einer Kraft von bestimmter Intensität eine bleibende Formveränderung zu erleiden, ist die Dehnbarkeit. Ihre Geltung fängt an, wenn die Elasticitätsgrenze überschritten ist, und hört auf, sobald die Intensität der wirksamen Kraft gleich dem Festigkeitscoefficienten des Körpers ist; je näher Elasticitätsgrenze und Festigkeit bei einander liegen, desto weniger dehnbar ist mithin im Allgemeinen der Körper.

Hieraus folgt aber schon, daß die Dehnbarkeit eines und desselben Körpers eine ziemlich abweichende sein kann, je nachdem derselbe durch Druck- oder Zugkräfte, Biegung oder Torsion in seiner Form verändert wird. Ein abstracter Vergleich der Dehnbarkeit zweier Metalle ist daher nicht möglich, sondern es muß die jedesmalige Bearbeitungsmethode in Betracht gezogen werden. Ein Metall, welches, wenn es durch Druckkräfte bearbeitet wird, dehnbarer als ein anderes sich erweist, kann, wenn statt des Druckes Zugkräfte auf dasselbe wirken, vielleicht weniger dehnbar als dieses sein. Aber auch unter dieser Beschränkung bleibt ein Vergleich der Dehnbarkeit zweier Metalle schwierig, wie sogleich erläutert werden soll.

Obgleich, wie erwähnt, nach dem Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze der Widerstand, welchen die Molecüle ihrer Verschiebung entgegensetzen, nicht mehr in

dem Maße zunimmt, als unterhalb der Elasticitätsgrenze, so ist doch bei den meisten Metallen auch während einer fortgesetzten bleibenden Formveränderung eine in geringerem Maße stattfindende Zunahme jenes Widerstandes bemerkbar. Gleichzeitig, und in naher Beziehung hierzu, erhöht sich die Elasticitätsgrenze und allerdings auch die Festigkeit, letztere aber in weit weniger bedeutendem Maße. Die Werthe für Elasticitätsgrenze und Festigkeit rücken bei der fortschreitenden Formveränderung einander immer näher, das Metall verliert an Dehnbarkeit, es tritt ein Zeitpunkt ein, wo die Dehnbarkeit annähernd gleich Null ist und jeder Versuch, eine weitere Formveränderung hervorzubringen, ein Zerreißen oder Zerbrechen des Arbeitsstückes zur Folge haben würde. Diese Abnahme der Dehnbarkeit tritt nicht bei allen Metallen in gleich starkem Maße auf. Sie ist am geringsten, oft selbst bei weitgehenden Formveränderungen fast unbemerkbar, bei den sogenannten weichen Metallen, welche der Formveränderung ohnehin einen nur geringen Widerstand entgegensetzen, und sie zeigt sich im Allgemeinen in um so stärkerem Maße, je härter das betreffende Metall ist.

Mit dem Verschwinden der Dehnbarkeit hört nun natürlicherweise die Möglichkeit auf, Formveränderungen mit dem betreffenden Metalle durch Einwirkung äußerer Kräfte im ungeschmolzenen Zustande vorzunehmen; und es würde somit bei vielen Metallen der weiteren Verarbeitung sehr bald ein Ziel gesteckt sein, wenn man nicht glücklicherweise durch ein einfaches Mittel im Stande wäre, dem Metalle die verlorene Dehnbarkeit, ja mitunter einen noch höheren Grad derselben, wiederzugeben. Dieses Mittel besteht in einem Erhitzen des betreffenden Gegenstandes, und zwar bei allen Metallen mit höheren Schmelzpunkten einem Erhitzen bis zur Rothgluth (Ausglühen). Die Elasticitätsgrenze wird dadurch auf ihr früheres Maß zurückgeführt, die Dehnbarkeit wieder hergestellt. Hieraus aber folgt von selbst, daß, wenn die Metalle in Rothgluth bearbeitet werden, sie jene Einbuße der Dehnbarkeit nicht erleiden; und daß dieselbe um so rascher eintritt, in je kälterem Zustande die Verarbeitung vorgenommen wird.

Aus den Beziehungen zwischen Elasticitätsgrenze und Festigkeit zur Dehnbarkeit läßt sich fernerweit folgern, daß, wenn durch Erhitzung die Differenz zwischen den Zahlenwerthen der beiden erstgenannten Eigenschaften zunimmt, ebenfalls die Dehnbarkeit sich steigert. In allen Fällen verringert sich allerdings die Festigkeit durch Erhitzung, häufig aber noch stärker als diese die Elasticitätsgrenze. Je tiefer aber die letztere gesunken ist, ein desto geringerer Arbeitsaufwand ist natürlicherweise erforderlich, um eine Formveränderung hervorzurufen; und in solchen Fällen kann es zweckmäßig, ja nothwendig erscheinen, die Verarbeitung im erhitzten Zustande des Metalles vorzunehmen. Nun verringert sich aber durch Erhitzung die Festigkeit gegen Zerreißen in stärkerem Maße als die Festigkeit gegen das Zerdrücken; daher erklärt es sich, daß im Allgemeinen die Verarbeitung im erhitzten Zustande weit seltener ist, wenn Zug- als wenn Druckkräfte zur Anwendung gelangen.

Metalle und Legirungen, welche, sofern sie nicht bei der Verarbeitung ausschließlich auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen werden, im erhitzten Zustande bearbeitet zu werden pflegen, sind Eisen und Stahl, Kupfer, sogenanntes schmiedbares Messing (mit 35 bis 40 Proc. Zink; vergl. auch die Analysen verschiedener

Messingsorten a. S. 81), Bronze, Zink; im kalten Zustande dagegen werden gewöhnlich Gold, Silber, Platin, Zinn, Blei, Messing mit weniger als 35 oder mehr als 40 Proc. Zink, Neusilber u. a. m. verarbeitet, die erstgenannten einfachen Metalle, weil die Steigerung der Dehnbarkeit durch Erhitzung nicht bedeutend sein würde, die zuletzt genannten Legirungen, weil durch Erhitzung ihre Dehnbarkeit verringert statt erhöht wird.

Aber auch bei denjenigen Metallen, bei denen eine Erhitzung wohlthätig auf die Dehnbarkeit einwirkt, zeigt sich doch bisweilen die auffallende Erscheinung, daß diese Steigerung der Dehnbarkeit nicht gleichmäßig mit der Erhitzung Schritt hält, sondern sprungweise vor sich geht, ja, daß das Metall in bestimmten Temperaturen seine Dehnbarkeit vollständig einbüßt, während es in anderen, oft nur wenig darüber oder darunter liegenden Temperaturen oft einen verhältnißmäßig hohen Grad derselben besitzt. So z. B. besitzt Zink seine größte Dehnbarkeit in Temperaturen zwischen 100 bis 150° C., bei 200° C. aber ist es weniger dehnbar als in der Kälte; die Dehnbarkeit des Kupfers, sofern es auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen wird, wächst im Anfange mit der Temperatur, nähert sich diese aber dem Schmelzpunkte, so hört die Dehnbarkeit so vollständig auf, daß das Metall im Mörser pulverisirbar ist; Bronzen mit 20 Proc. Zinn, die Gong-Gongs der Chinesen, bei gewöhnlicher Temperatur vollständig unbearbeitbar, werden plötzlich dehnbar, wenn sie auf dunkle Rothgluth oder wenig darunter erhitzt werden, verlieren aber ihre Dehnbarkeit sofort wieder, wenn die Temperatur auf Kirschrothgluth steigt; Silberkupferlegirungen mit 20 bis 60 Proc. Silber lassen sich im glühenden Zustande im Mörser zu Pulver zerstoßen, sind aber in der Kälte bekanntlich ziemlich dehnbar. Aehnlich verhalten sich vermuthlich manche andere Legirungen.

Von großem Einflusse auf die Dehnbarkeit der Metalle ist ferner ein Gehalt derselben an fremden gelösten, metallischen oder nichtmetallischen Körpern, von denen bekanntlich kaum irgend ein technisch dargestelltes Metall ganz rein ist. Häufig wird zwar durch die Anwesenheit solcher Körper die Festigkeit größer, fast regelmäßig steigt aber in beträchtlicherem Maße die Elasticitätsgrenze. Die Folge davon ist, daß durch die Aufnahme jener Körper die Dehnbarkeit sich verringert; und man kann als Regel annehmen, *daß ein Metall um so dehnbarer ist, je reiner es ist. Hieraus folgt aber auch, daß Legirungen im Allgemeinen weniger dehnbar sind als die reinen Metalle.*

Auch Oxyde des betreffenden Metalles, sofern sie in demselben löslich sind, wirken auf die Dehnbarkeit nachtheilig. Ist nun der Einfluß dieser Oxyde intensiver als der einer kleinen Menge eines zur Reduction derselben geeigneten fremden Körpers, so ergiebt sich als scheinbare Ausnahme von der soeben ausgesprochenen Regel, daß die Dehnbarkeit durch den Zusatz eines fremden Körpers gesteigert werden kann. Thatsächlich jedoch findet dieser Einfluß nur mittelbar statt: die vorhandenen löslichen Oxyde werden zerstört, die neu entstehenden unlöslichen ausgeschieden; jeder zur Reduction nicht verbrauchte Ueberschuß des fremden Körpers aber beeinflußt die Dehnbarkeit in nachtheiliger Weise, wie die Erfahrung lehrt. Hierauf beruht die Steigerung der Dehnbarkeit des Kupfers und seiner Legirungen durch Zusatz kleiner Mengen Phosphor oder Mangan, des sauerstoffhaltigen Eisens

durch Mangan, vermuthlich auch diejenige des Nickels durch Magnesium oder Phosphor.

Jene Beeinträchtigung der Dehnbarkeit durch fremde Körper zeigt aber wieder in verschiedenen Temperaturen und bei verschiedener Beanspruchung des Arbeitsstücks eine verschiedene Intensität. Einzelne Körper beeinflussen vorzugsweise die Dehnbarkeit durch Druckkräfte, andere die Dehnbarkeit durch Zugkräfte, einige zeigen stärker in der Wärme, andere in der Kälte ihre Einwirkung. Es ist überraschend, wie kleine Mengen fremder Körper bisweilen genügen, um deutliche Wirkungen hervorzubringen.

Beim schmiedbaren Eisen verringert ein Kohlenstoffgehalt bis zu 1 Proc. die Dehnbarkeit in der Wärme und Kälte allmälig, über 1 Proc. rasch; ein Eisen mit mehr als 2 Proc. Kohle hat seine Dehnbarkeit fast völlig verloren.

Aehnlich wie Kohle, aber weniger intensiv und vorzugsweise in erhitztem Eisen wirkt Silicium; daher ist ein Eisen, welches beide Körper enthält, gewöhnlich weniger dehnbar als ein solches, in dem dieselbe Menge Kohlenstoff ohne Silicium auftritt.

Phosphor verringert die Dehnbarkeit des schmiedbaren Eisens in der Kälte, ohne in der Glühhitze einen nachtheiligen Einfluß zu zeigen. Das Eisen wird kaltbrüchig. Die Intensität der Einwirkung steigt mit dem Kohlenstoffgehalte; ein Stahl mit 1 Proc. Kohle wird schon bei 0,06 Proc. Phosphor unbrauchbar, während ein Eisen mit 0,1 Proc. Kohle 0,5 Proc. Phosphor enthalten kann, ohne seine Brauchbarkeit für gewöhnliche Zwecke zu verlieren, wenn auch die Eigenschaft des Kaltbruchs bei diesem Gehalte schon deutlich hervortritt.

Umgekehrt wie der Phosphor wirkt ein Schwefelgehalt auf das Eisen. Es verliert in dunkler Rothgluth seine Festigkeit und somit auch seine Dehnbarkeit vollständig (rothbrüchiges Eisen), bleibt aber in der Kälte und auch in heller Rothgluth verarbeitbar. Schon 0,05 Proc. Schwefel genügen, das Eisen in jener Temperatur vollständig unbearbeitbar zu machen, ohne daß der anwesende Kohlenstoffgehalt die Intensität dieser Einwirkung (wie beim Phosphor) beeinflußte; dagegen läßt sich Eisen mit einem Schwefelgehalte bis zu 0,1 Proc. in heller Weißgluth noch mit einiger Vorsicht bearbeiten.

Ein Eisenoxydulgehalt vernichtet schon in kleinen Mengen die Dehnbarkeit des schmiedbaren Eisens in der Wärme und Kälte vollständig (verbranntes Eisen).

Beim Kupfer wirkt ein Gehalt an Kupferoxydul (der beim Handelskupfer bekanntlich niemals fehlt) zwar nachtheilig auf die Dehnbarkeit, jedoch sind schon ziemlich beträchtliche Mengen desselben erforderlich, um entschiedene Brüchigkeit hervorzurufen. Nach Hampe wird durch 0,90 Proc. Kupferoxydul die Dehnbarkeit in der Kälte merklich, weniger deutlich in Rothgluth verringert; und erst bei 6,70 Proc. Kupferoxydul tritt starker Rothbruch ein.

Weit stärker zeigt sich diese Einwirkung, wenn neben dem Kupferoxydul Arsensäure oder Antimonsäure auftreten; schon 2 Proc. arsensaures Kupfer (0,55 Proc. Arsen enthaltend) macht das Kupfer in der Kälte unbrauchbar, in Rothgluth schwierig bearbeitbar. Im reducirten Zustande dagegen wirken beide Körper weniger nachtheilig; und erst bei 1 Proc. Arsen zeigt sich deutliche Abnahme der Dehnbarkeit in Wärme und Kälte.

Ein Bleigehalt von 0,4 Proz. beeinträchtigt erheblich die Dehnbarkeit des Kupfers in allen Temperaturen. Stärker noch wirkt Wismuth. 0,05 Proc. metallisches Wismuth genügen, die Dehnbarkeit erheblich zu verringern, 0,1 Proc., sie fast völlig zu vernichten. Weniger intensiv ist die Einwirkung im oxydirten Zustande bei Gegenwart von Antimonsäure; nach Hampe wirken selbst 0,2 Proc. antimonsaures Wismuth (0,06 Proc. Wismuth enthaltend) kaum verändernd auf die Dehnbarkeit ein.

Zink beeinflußt, wie bereits oben erwähnt, in Mengen bis zu 35 Proc. die Dehnbarkeit des Kupfers stärker in der Wärme als in der Kälte, mit 35 bis 40 Proc. Zink aber wird die Legirung (Messing) auch in der Rothgluth bearbeitbar.

Die Einflüsse des Zinns auf die Dehnbarkeit des Kupfers wurden bereits mehrfach erwähnt (vergl. Bronzen); sie treten stärker in der Kälte als in der Wärme hervor, zeigen aber auch in der Wärme sich in deutlicher Weise. Zinnreiche Bronzen (mit 18 bis 20 Proc. Zinn) nehmen an Dehnbarkeit zu, wenn sie auf Rothgluth erhitzt und in Wasser abgelöscht werden. Blei und Wismuth wirken auf die Dehnbarkeit der Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen fast ebenso nachtheilig als auf reines Kupfer.

Gold und Silber verlieren ebenfalls bedeutend an Dehnbarkeit durch ihre Legirung mit anderen Metallen, und man verwendet deshalb diese Metalle im reinen Zustande, wenn es auf den höchsten Grad der Dehnbarkeit ankommt (z. B. bei Darstellung des Blattgoldes und Blattsilbers). Am wenigsten nachtheilig auf ihre Dehnbarkeit dürfte ein Kupfergehalt wirken, und man legirt bekanntlich dieses Metall mit jenen in ziemlich bedeutenden Mengen (vergl. im ersten Abschnitte Goldlegirungen und Silberlegirungen), ohne ihnen die Verarbeitungsfähigkeit zu nehmen. Besonders schädlich dagegen wirkt — wie auch auf die Dehnbarkeit vieler anderen Metalle — Wismuth; nach Hatchett genügt schon $\frac{1}{1920}$ (circa 0,05 Proc.) Wismuth, die Dehnbarkeit des Goldes zu vernichten; und thatsächlich hat man bei der hüttenmännischen Gewinnung und Raffination des Silbers mitunter kleine Mengen von Wismuth erst aufgefunden und abscheiden gelernt, nachdem man durch die geringe Dehnbarkeit des gewonnenen Silbers gezwungen wurde, der Ursache nachzuforschen. Aehnlich wie Wismuth verhält sich Blei.

Ein kleiner Zinkgehalt wirkt — vermuthlich in Folge der Reduktion vorhandenen Kupferoxyduls — günstig auf die Dehnbarkeit mancher Goldkupfer- und Silberkupferlegirungen, besonders wenn sie ziemlich viel Kupfer enthalten. Nach Peligot werden z. B. Goldkupferlegirungen mit 58 bis 60 Proc. Gold, welche an und für sich ziemlich schwierig verarbeitbar sind, dehnbarer, wenn man 5 bis 7 Proc. Kupfer weniger und an Stelle desselben Zink in die Legirung bringt (also 58 bis 60 Proc. Gold, 35 bis 37 Proc. Kupfer, 5 bis 7 Proc. Zink). Steigt dagegen der Zinkgehalt über diese Grenze, so nimmt die Dehnbarkeit ab. Auch Legirungen, deren Goldgehalt mehr als 72,5 Proc. beträgt, verlieren schon durch kleine Mengen Zink an Dehnbarkeit.

Die Dehnbarkeit des Zinks wird durch kleine Mengen Zinn, Blei, Eisen erheblich geschädigt. Nach Bischoff verringert schon 0,00001 Proc. Zinn merklich die Verarbeitungsfähigkeit des Zinks.

Aber nicht allein chemisch gebundene oder gelöste fremde Körper in den Metallen beeinträchtigen deren Dehnbarkeit, auch mechanische Beimengungen, Schlacken- oder Kohlenstückchen, Gasblasen u. a. m. wirken in dieser Hinsicht nachtheilig ein. Es wird dieser Einfluß leicht verständlich sein, wenn man sich vergegenwärtigt, daß jeder fremde Körper innerhalb eines Querschnittes die Festigkeit an dieser Stelle um so viel verringert, als das Verhältniß seines eigenen Querschnittes zu dem Gesammtquerschnitte beträgt, und daß, je weiter die Querschnittsverdünnung des Arbeitsstücks fortschreitet, dieses Verhältniß immer ungünstiger werden muß, bis schließlich Bruch oder Zerreißung eintritt. Auf je dünnere Querschnitte mithin ein Arbeitsstück ausgearbeitet werden soll, desto größere Reinheit auch von fremden mechanisch eingeschlossenen Körpern ist nothwendig. Es erklärt sich z. B. hieraus, daß Flußeisen und Flußstahl, obgleich es an chemischen Beimengungen reicher zu sein pflegt, als Schweißeisen und Schweißstahl (Puddel- und Herdfrischeisen), doch häufig als das dehnbarere Metall betrachtet wird, sofern es sich um starke Querschnittsverdünnungen handelt; denn das Schweißeisen enthält stets, auch nach fortgesetzter Raffination, eingemengte Schlackenkügelchen, die der weiteren Verdünnung schließlich ein Ziel setzen, während das im geschmolzenen Zustande gewonnene Flußeisen frei davon ist; und die Erfindung des Tiegelgußstahls verdanken wir bekanntlich dem Umstande, daß der ältere Schweißstahl nicht mechanisch rein genug war, um nicht bei der Verarbeitung zu feinen Gegenständen häufigen Ausschuß zu liefern (vergl. Bd. 7, S. 567).

Aus allen den vorstehenden Mittheilungen über die Umstände, welche die Dehnbarkeit der Metalle steigern oder abmindern, ergiebt sich, daß man zum Vergleiche der Dehnbarkeit zweier Metalle sehr verschiedene Verhältnisse zu berücksichtigen hat, ja, daß man eine abstracte und genau zutreffende Stufenleiter der Dehnbarkeit kaum aufzustellen im Stande ist. Denn außer von der Bearbeitungsmethode und der Differenz zwischen Elasticitätsgrenze und Festigkeit ist der Grad der Dehnbarkeit, wie erwähnt, abhängig von dem größeren oder geringeren Widerstande, welchen das betreffende Metall der Formveränderung entgegensetzt (Härte), und welcher das Maß des erforderlichen Arbeitsaufwandes für eine bestimmte Formgebung bedingt; von der rascheren oder weniger raschen Abnahme der Dehnbarkeit bei der Verarbeitung selbst; von der geeignetsten Temperatur für die Verarbeitung (ein Metall, welches sich in gewöhnlicher Temperatur mit Leichtigkeit bearbeiten läßt, während ein anderes eine Erhitzung verlangt, um dehnbar zu werden, pflegt als das dehnbarere betrachtet zu werden); von der Kleinheit der Querschnitte, auf welche eine Verdünnung möglich ist, u. s. f. Häufig prüft man empirisch die Dehnbarkeit, indem man Kügelchen des betreffenden Metalles auf einem Ambos zu flachen Scheiben aushämmert; je rascher die Arbeit ausgeführt werden kann, ohne daß Kantenrisse entstehen und je dünner der endliche Querschnitt, als desto dehnbarer betrachtet man das Metall.

Da das reine Gold alle jene, die Dehnbarkeit bedingenden Eigenschaften in

hohem Maße besitzt, so nennt man dasselbe das dehnbarste der Metalle; an das Gold reiht sich das Silber, dann das reine Kupfer, u. s. f. Zink, Zinn und Blei besitzen eine sehr geringe Zerreißungsfestigkeit, sie sind deshalb wenig dehnbar durch Zugkräfte, am dehnbarsten das Zink, am wenigsten das Blei; wohl aber ertragen sie durch Druckkräfte ziemlich weitgehende Querschnittsverdünnungen und sind — vor allen das Zinn, am wenigsten Zink — in dieser Beziehung dehnbarer als viele andere Metalle und Legirungen, z. B. Eisen, Bronze, Nickel u. a. [1]).

Nahe verwandt mit der Dehnbarkeit ist eine andere Eigenschaft, welche man Zähigkeit benennt. Dieselbe bezeichnet das Maß des Widerstandes, welchen ein Körper, nachdem die Elasticitätsgrenze überschritten ist, der Trennung entgegensetzt. Es bildet also die Zähigkeit gewissermaßen die Grundlage der Dehnbarkeit; aber es müssen zu der Zähigkeit noch verschiedene andere, oben erläuterte Eigenschaften hinzukommen, um dem Metalle den Charakter der Dehnbarkeit zu verleihen. Auch die Zähigkeit kann natürlicherweise bei verschiedenartiger Beanspruchung des Metalles (Zug, Druck ꝛc.) verschieden sein; und die Ergebnisse von Versuchen über das Maß der Zähigkeit lassen daher nur relative Vergleiche zu. In einzelnen Fällen betrachtet man die Verlängerung, welche ein Stab beim Zerreißen erfährt, als Maß der Zähigkeit; in anderen die Zahl der Hin- und Herbiegungen, welche der in einen Schraubstock eingespannte Stab erträgt, ehe er zerbricht, u. s. w.

Den Gegensatz zur Zähigkeit bildet die Sprödigkeit. Ein Körper ist um so spröder, je geringer die Formveränderungen sind, welche er erträgt ohne zu zerbrechen; mit anderen Worten, je näher Elasticitätsgrenze und Festigkeit bei einander liegen.

b. Härte.

Während man mit dem Ausdrucke Elasticitätsmodul oder Elasticitätscoefficient den relativen Widerstand bezeichnet, welchen ein Körper einer vorübergehenden Formveränderung entgegenstellt, nennt man Härte denjenigen Widerstand, den derselbe Körper gegenüber einer bleibenden Aenderung in der Lagerung seiner Molecüle, einer bleibenden Formveränderung entgegenstellt. Daher äußert sich die Härte ebensowohl gegenüber dem Eindringen eines fremden Körpers zwischen die Molecüle (bei der mechanischen Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge) als auch gegenüber einer einfachen Verschiebung der Molecüle durch Zug- oder Druckkräfte, welcher Vorgang den eigentlichen Gegenstand der in diesen Abschnitt fallenden Besprechungen bildet.

Es folgt hieraus, daß, wie schon oben mehrfach angedeutet wurde, die Härte in naher aber reciproker Beziehung zur Dehnbarkeit steht, daß sie eine jener Eigenschaften der Körper ist, von deren Maße erst die Dehnbarkeit abhängt. Mit zunehmender Härte nimmt die Dehnbarkeit ab. Unmittelbar aber besitzt sie

---

[1]) Eine annähernde Stufenleiter der Dehnbarkeit nach Percy ist in Bd. 7, S. 48 gegeben.

als Arbeitseigenschaft bei der Verarbeitung durch Dehnung Wichtigkeit, weil mit der Härte offenbar der erforderliche mechanische Arbeitsverbrauch wächst, um eine bestimmte Formveränderung hervorzubringen.

Die Härtegrade der verschiedenen Metalle sowie die Einflüsse, durch welche dieselben Aenderungen erleiden können, sind bereits mehrfach (Bd. 7, S. 41, 486, dieser Band S. 40) besprochen worden. Es möge daher nur daran erinnert werden, daß Härtesteigerung in oft beträchtlichem Maße einzutreten pflegt:

1. Durch Aufnahme fremder Körper, insbesondere auch durch Legirung mit anderen Metallen; und

2. durch mechanische Verarbeitung im kalten Zustande, welche um so raschere Härtezunahme hervorzurufen pflegt, je größer die ursprüngliche Härte (Naturhärte) des bearbeiteten Metalls bereits war. Die auf diese Weise gesteigerte Härte wird aber durch Erwärmen, beziehentlich Ausglühen, des Arbeitsstückes wieder auf ihr natürliches Maß zurückgeführt.

2) Die Erhitzung der Metalle.

Aus den vorausgegangenen Besprechungen folgt, daß bei Verarbeitung der Metalle durch Dehnung eine Erhitzung nicht selten zweckmäßig oder nothwendig erscheinen kann; und zwar

entweder, wenn das Metall im erhitzten Zustande dehnbarer ist als im kalten;

oder, wenn durch vorausgegangene Bearbeitung im kalten Zustande die Dehnbarkeit in solchem Maße ab-, die Härte zugenommen hat, daß eine fortgesetzte Bearbeitung nicht ohne Weiteres möglich ist, und man hierdurch gezwungen ist, diese Eigenschaften durch das in Rede stehende Mittel auf ihr normales Maß wieder zurückzuführen.

Die für diesen Zweck benutzten Oefen lassen sich ihrer Form und Wirkungsweise zufolge in drei Gruppen eintheilen.

a. Schmiedefeuer.

Ein kasten- oder rinnenförmiger niedriger Behälter, aus Mauerung oder nicht selten aus Gußeisen hergestellt, dient zur Aufnahme des stückförmigen Brennstoffs wie des Arbeitsstücks und ist zur Bequemlichkeit des Arbeiters in Tischhöhe in einem gemauerten oder gußeisernen Untersatze, dem eigentlichen Herde, angeordnet. Durch eine Windform an einer Seite oder auch am Boden des Feuers wird Gebläsewind zur Verbrennung des Brennstoffs eingeführt; dieser umgiebt das Arbeitsstück und giebt solcherart die Wärme an dasselbe ab; letzteres aber ist ungeschützt gegen alle chemischen Einwirkungen, die unter der Berührung mit dem Brennstoffe wie auch unter der nicht ganz zu vermeidenden Berührung mit freiem Sauerstoffe entstehen können. Es folgt hieraus, daß man weder sehr werthvolle noch leicht oxydirbare oder leicht schmelzbare Metalle im Schmiedefeuer erhitzen

wird; und da die Verbrennungsgase ziemlich ungenutzt entweichen, so folgt außerdem, daß die Wärmeausnutzung im Schmiedefeuer eine ungünstige sein wird.

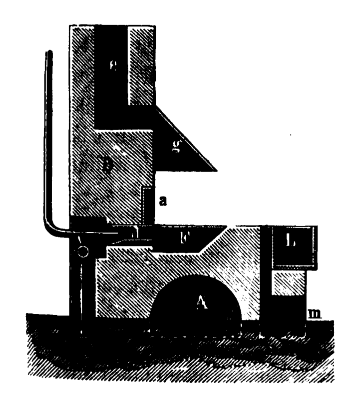
Der Wirkungsgrad des Schmiedefeuers beziffert sich thatsächlich nicht höher als etwa 0,03.

Diese Umstände erklären es zur Genüge, daß unter allen Metallen vorzugsweise das Eisen im Schmiedefeuer erhitzt wird; die verhältnißmäßige Billigkeit der Anlage eines Schmiedefeuers aber und die Leichtigkeit seiner Bedienung erheben trotz jener ungünstigen Wärmeausnutzung das Schmiedefeuer zu dem gebräuchlichsten und unleugbar zweckdienlichsten Apparate überall da, wo kleinere Eisenstücke rasch auf Roth- oder Weißgluth erhitzt werden sollen.

Als Brennstoff pflegt man nußgroße backende Steinkohlen zu benutzen (Nußkohlen, Schmiedekohlen). Die backende Eigenschaft derselben gewährt einen eigenthümlichen Vortheil. Die über dem im Feuer befindlichen Eisenstücke in einer mehrere Centimeter hohen Schicht aufgeschütteten Kohlen backen, ehe sie verbrennen, zu einer gewölbartigen Decke zusammen, welche das Feuer abschließt und fest genug ist, daß das Eisen herausgenommen und hineingelegt werden kann, ohne daß ein Einstürzen zu befürchten wäre. Müssen frische Kohlen nachgeschüttet werden, so schlägt der Arbeiter die Decke des Gewölbes ein, so daß die bereits glühend gewordenen und — was nicht ohne Wichtigkeit ist — dabei theilweise entschwefelten Kohlen mit dem Eisen in Berührung treten, und bringt die frischen Kohlen zu oberst, daraus ein neues Gewölbe bildend. Solcherart wird eine günstigere Ausnutzung der Wärme und eine gleichmäßigere Erhitzung ermöglicht.

Nur in solchen Fällen, wo der Aschen- und Schwefelgehalt der Steinkohlen nachtheilig auf die Beschaffenheit des zu erhitzenden Metalls einwirken könnte, oder wo an Stelle der intensiven durch Steinkohlen bewirkten Erhitzung eine weniger starke aber desto gleichmäßigere Erhitzung treten soll, benutzt man an Stelle der Steinkohlen Holzkohlen; so beim Erhitzen von Stahl, Kupfer u. s. w.


Fig. 29.



Figur 29 stellt ein gemauertes Schmiedefeuer dar, wie es sich außerordentlich häufig in den Werkstätten des einzelnen Schmieds sowohl als auch größerer Fabriken findet. *A* ist ein hohler Raum unterhalb des Feuers, zur Ersparung von Baumaterial angelegt und einen zweckmäßigen Aufbewahrungsort für den täglichen Bedarf an Kohlen bildend. *F* ist die Feuergrube, von feuerfesten Steinen eingefaßt, gewöhnlich 200 bis 400 mm lang und breit, 100 bis 150 mm tief; *B* eine Brandmauer. *d* ist die Windform, auch Eßeisen[1]) genannt,

[1]) Unter dem Ausdrucke „Esse" oder „Schmiedeesse" begreift man in vielen Gegenden das ganze Schmiedefeuer; daher Eßeisen, Abkürzung von Esseneisen, die gußeiserne oder schmiedeeiserne Form.

d. h. die eiserne Hülse, in welche das conische Endstück der Windleitung mündet, und durch welche der Gebläsewind in das Feuer geführt wird. *g* ist ein aus Eisenblech gefertigter Rauchfang zum Auffangen der Verbrennungsproducte, welche von hier aus nach der Esse entweichen. *L* ist der bei keinem Feuer fehlende Löschtrog, ein eiserner, mit Wasser gefüllter Behälter, auf einem Vorsprunge der Herdmauerung ruhend, zum Ablöschen der geschmiedeten Gegenstände und zur Aufnahme des Löschwedels dienend, eines Reisigbündels an einem eisernen Stiele, welches der Schmied benutzt, um von Zeit zu Zeit die im Feuer befindlichen Kohlen von oben her mit Wasser zu besprengen und dadurch ein Aufsteigen der Gluth nach oben zu verhindern. Durch die richtige Handhabung des Löschwedels kann der Schmied den Kohlenverbrauch wesentlich beschränken. *m* ist ein Raum unterhalb des Löschtroges für die aus dem Feuer gezogenen Schlacken, welche über den Herd hinweggezogen und durch den senkrechten Canal nach unten geworfen werden. Die obere Fläche des Herdes wird zum Schutze des Mauerwerks gegen Beschädigungen mit gußeisernen Platten abgedeckt.

Zweckmäßiger als die seitliche Zuführung des Gebläsewindes ist die in neuerer Zeit immer mehr Anklang findende Zuführung von unten. Es giebt eine große Zahl Constructionen hierfür, sämmtlich darauf beruhend, daß der Boden des Feuers durch einen gußeisernen Windkasten mit ebener oder kuppelförmiger Decke gebildet wird, aus welchem der Wind durch runde oder schlitzförmige Oeffnungen in das Feuer strömt. Durch irgend eine einfache Vorrichtung ermöglicht man es gewöhnlich, die Windöffnungen von Schlackenansätzen zu reinigen, sowie theilweise oder ganz zu schließen, wenn mit schwächerem Winde geblasen werden soll.

b. Herdflammöfen.

Das zu erhitzende Metall befindet sich auf dem überwölbten Herde des Ofens und wird durch die darüber hinstreichende Flamme erhitzt. Die Einrichtung im Allgemeinen ist also derjenigen der Herdflammöfen zum Metallschmelzen ganz ähnlich; das Profil des Herdes zeigt insofern eine Abweichung, als derselbe flach und ganz oder fast horizontal zu sein pflegt. Die Erzeugung der Flamme geschieht durch directe oder häufig auch durch Gasfeuerung.

Das Metall ist mithin bei diesen Oefen zwar vor der Berührung mit festen Brennstoffen geschützt, dagegen etwaigen Einwirkungen der verbrennenden und verbrannten Gase, der durch die Thürspalten ꝛc. angesaugten atmosphärischen Luft u. s. w. ungeschützt preisgegeben. Da aber die Metalle in den Oefen stets im festen Zustande verharren, so zeigen sich diese Einwirkungen weniger kräftig als beim Schmelzen, und man benutzt daher solche Herdflammöfen zum Erhitzen fast sämmtlicher Metalle und Legirungen, welche in größeren Stücken verarbeitet werden. Nicht oder weniger geeignet dagegen würden sie für einen Betrieb im Kleinen sein, da eine gewisse räumliche Ausdehnung für dieselben immerhin nothwendig und ein ununterbrochener Betrieb unerläßlich ist.

Die Wärmeausnutzung in den Herdflammöfen wird um so größer sein, je größere Mengen Metall auf ein Mal erhitzt werden. Durchschnittlich beziffert

sich der Wirkungsgrad bei Oefen mit directer Feuerung auf 0,08, mit Gasfeuerung und Wärmezurückführung (Siemensöfen, Ponsardöfen u. a. m.) auf 0,15.

Dem Temperaturgrade zufolge, welcher in den Oefen erreicht werden soll, unterscheidet man Schweißöfen (nur für die Erhitzung des Eisens vor der Verarbeitung dienend) [1]) und Glühöfen. Der Hauptunterschied beider liegt in der Anordnung der Feuerung. Bei den Schweißöfen muß dieselbe befähigt sein, helle Weißgluth im Ofen hervorzurufen, welche nur mit Anwendung oxydirender Flamme zu erreichen ist; in den Glühöfen genügt Rothgluth und man hält auf schmauchende Flamme, um unnöthigen Abbrand zu verringern.

Ein Glühofen für Neusilberbleche ist in Fig. 30 und 31 (a. f. S.) abgebildet. Der Ofen ist für directe Feuerung eingerichtet und man erblickt in Fig. 30 links den Rost, während sich rechts in der Gewölbdecke der Fuchs befindet. An derselben Seite ist die die ganze Breite des Ofens einnehmende Thüröffnung zum Einsetzen und Herausholen der Blechtafeln angeordnet, welche während des Glühens durch eine gußeiserne Thür verschlossen gehalten wird. Damit aber die gewalzten Blechtafeln bei dem Hinein- und Hinausbringen nicht Kritzeln und Riefen auf der blanken Oberfläche bekommen, werden sie auf niedrige eiserne Wagen mit durchbrochenen Böden geladen, welche auf Schienen laufen und mit den Blechen im Ofen verharren. Beim Herauskommen aus dem Ofen werden sie von einem anderen Wagen aufgenommen, dessen Oberkante gerade bis zur Herdsohle reicht und welcher dicht an die Thür herangefahren wird.

c. Gefäßöfen.

Das Metall befindet sich in einem geschlossenen Behälter, welcher von außen erhitzt wird. Daher ist die Einwirkung des Brennmaterials und der aus demselben entwickelten Gase fast völlig ausgeschlossen; die Einwirkung der atmosphärischen Luft wenigstens auf diejenige Menge derselben beschränkt, welche mit dem Metalle in dem Gefäße eingeschlossen ist. Die Wärmeabgabe an das Metall geschieht durch Transmission durch die Gefäßwände hindurch, geht also langsamer und unvollkommener vor sich als in den bisher besprochenen Erhitzungsapparaten. Man benutzt daher solche Gefäßöfen nur zum Erhitzen auf Rothgluth oder noch niedrigere Temperatur entweder für halbfertige Gegenstände aus Zink, Neusilber und anderen Metallen, bei denen Staubablagerungen und Oxydbildungen, die bei der nachfolgenden Bearbeitung sich in die Oberfläche eindrücken könnten, nachtheilig wirken würden; oder auch für fertige Gegenstände, wenn sie nach Möglichkeit geschützt werden sollen oder ihre Menge so unbedeutend ist, daß die Anwendung eines Herdflammofens nicht ausreichende Begründung finden würde.

Als Gefäße benutzt man, den verschiedenen Formen und sonstigen Eigenthümlichkeiten der Arbeitsstücke entsprechend, guß- oder schmiedeeiserne Kessel mit beträchtlicherer Höhe als sie die zum Schmelzen dienenden Kessel besitzen; horizontale cylindrische Behälter aus Gußeisen oder Chamotte, vorn durch einen Deckel

[1]) Ueber Schweißöfen vergl. auch Bd. 7, S. 439.

geschlossen, den Retorten der Gasanstalten in ihrer Form und Einmauerung ähnlich; für größere Gegenstände Muffelöfen oder kastenartige Behälter, welche von der Flamme umspült werden.

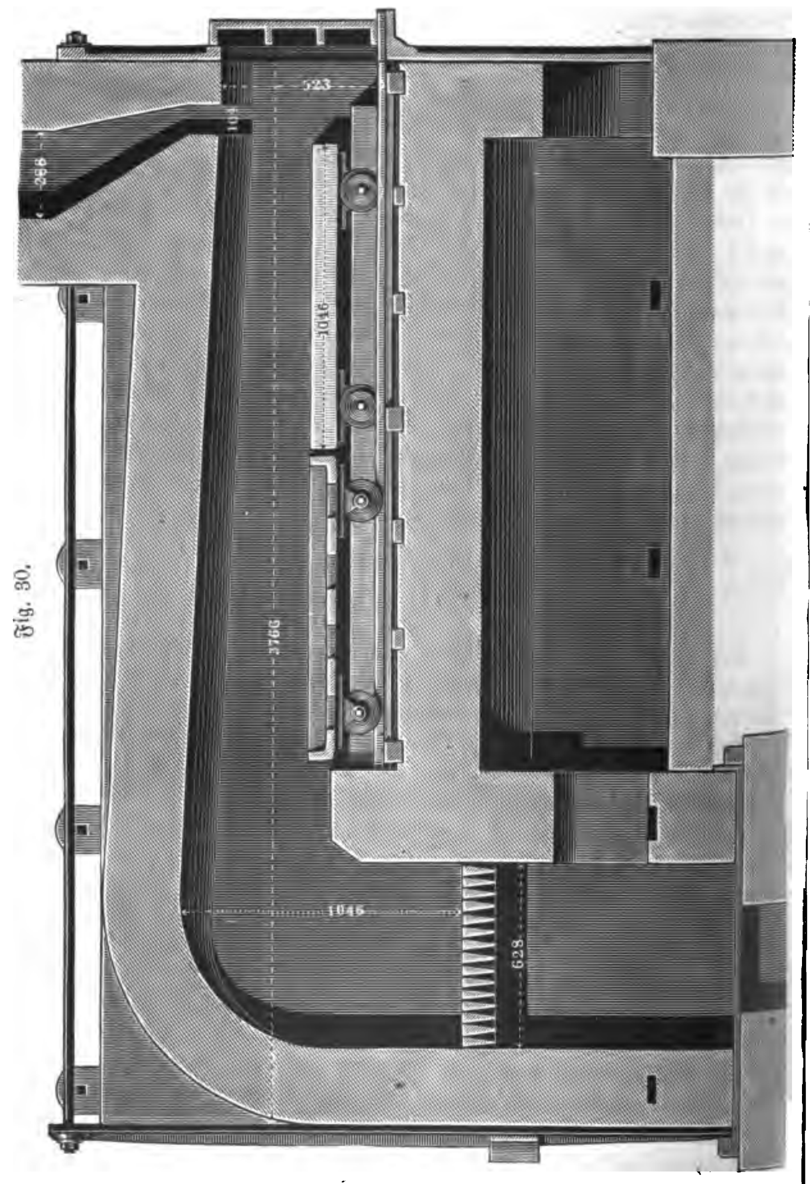


Fig. 30.

Der Wirkungsgrad der Gefäßöfen ist der erschwerten Wärmeabgabe halber ein ziemlich ungünstiger und beziffert sich auf etwa 0,03.

Ein Muffelofen zum Glühen von Neusilberblechen ist in den Figuren 32 und 33 (a. f. S.) abgebildet. Die Muffel besteht aus Gußeisen, ruht auf einer feuerfesten Wölbung oberhalb des Feuerraums und wird von allen Seiten von

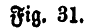
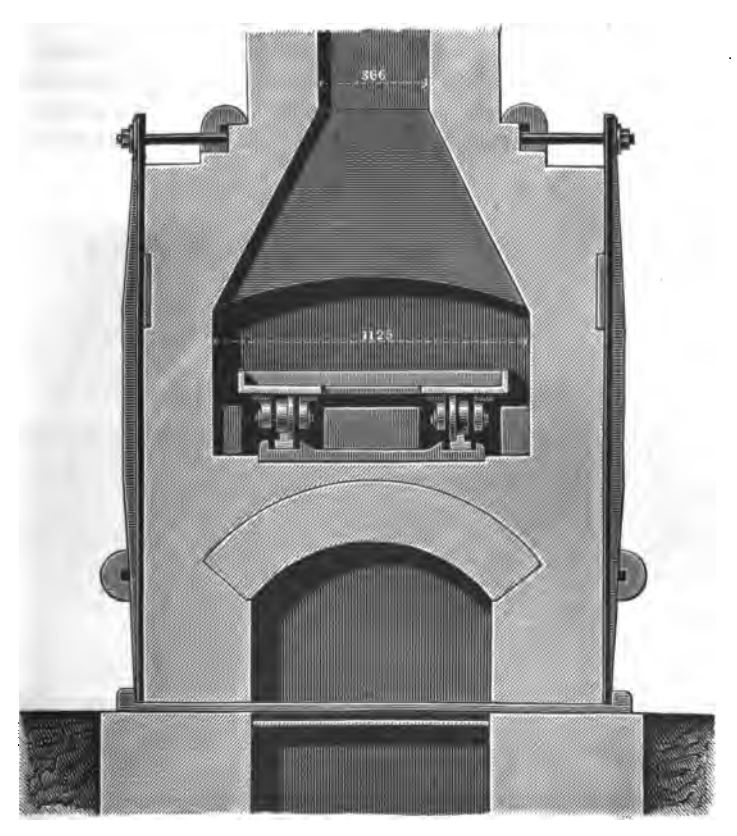


Fig. 31.

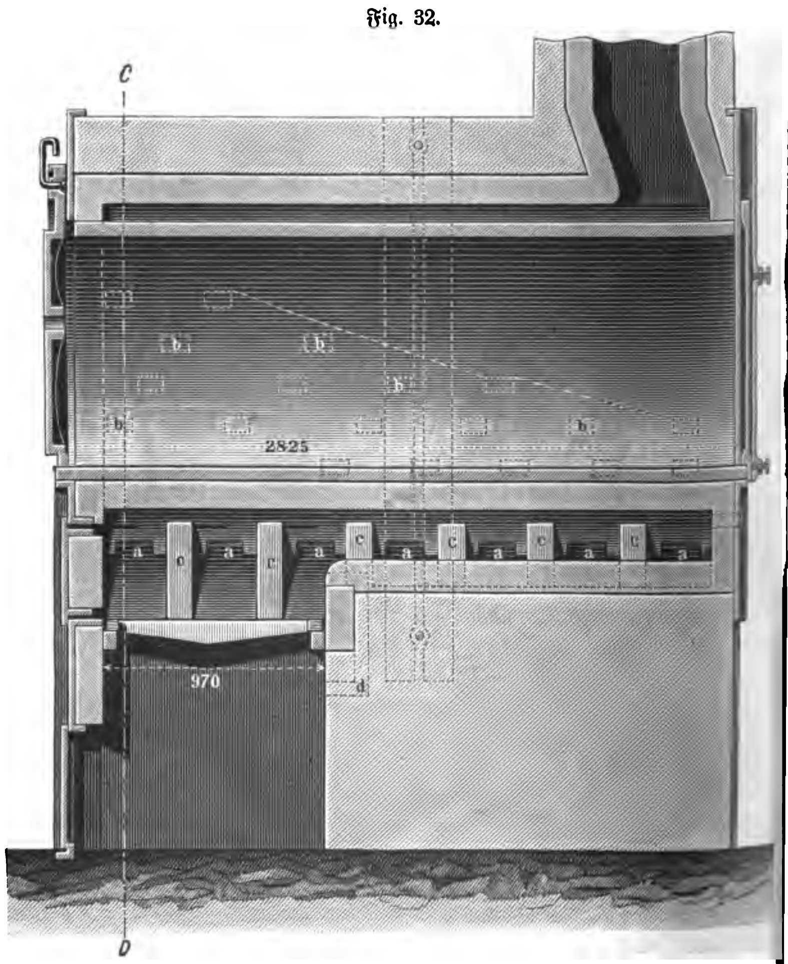


den Feuerungsgasen umspült. Dieselben steigen durch die in dem Gewölbe angebrachten Canäle *a a* aufwärts, bringen durch die kleineren Oeffnungen *b b* in den Raum, welcher die eigentliche Muffel einschließt und ziehen längs dieser nach der Esse. Der Verschluß der Muffel geschieht auf der Vorderseite durch eine Thür, welche in Führungen auf- und abgeleitet und mit Hülfe einer Kette hochgezogen wird; auf der Rückseite durch eine der Thür ähnliche Schieberplatte, welche durch Schraubenbolzen luftdicht angedrückt werden kann. Unterhalb der Beschickungsthür befindet sich die Heizthür und die Thür für den Aschenfall. Die Canäle *d* haben den Zweck, durch Zuführung erwärmter atmosphärischer Luft die Vollständigkeit der Verbrennung zu befördern. *c c* sind gemauerte Pfeiler zum Stützen des Gewölbes.

3) Die formgebenden Apparate.

Dieselben übertragen entweder unmittelbar — wie der Handhammer — die durch menschliche Kraft geleistete Arbeit auf das Arbeitsstück, oder sie bestehen in einer Maschine, welche nicht allein eine sichere Führung dem bewegten Theile bietet, sondern auch, indem sie mit den gebräuchlichen Umsetzungsmechanismen (Getrieben, Hebel, Schraube u. dergl. m.) versehen wird, weit größere Kraftleistungen ermöglicht, insbesondere dann, wenn sie durch Elementarkraft angetrieben wird.

Fig. 32.

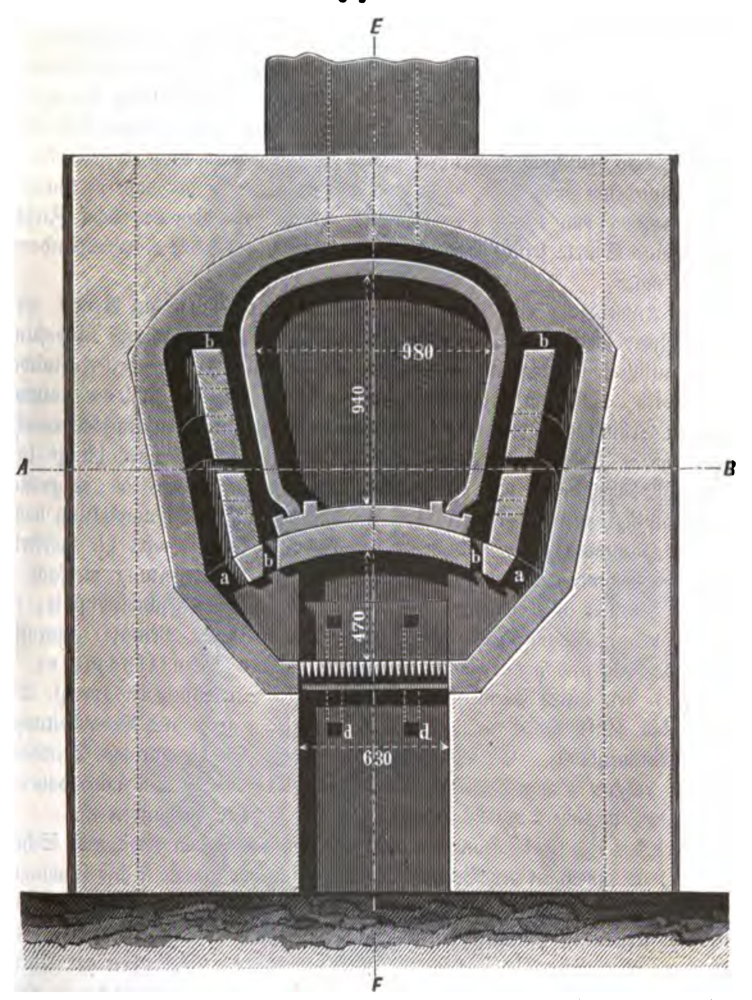


Daß der eigentliche arbeitende Apparat häufig durch besondere formgebende Theile (Gesenke u. dergl.) ergänzt werde, wurde bereits früher erwähnt.

a. Die Hämmer.

Hammer wird ein jedes Werkzeug genannt, dazu bestimmt, durch ausgeübte Schläge mechanische Wirkungen hervorzubringen [1]). Gewöhnlich ist die Wirkung eines einzelnen Schlages gegenüber einer beabsichtigten Totalwirkung

Fig. 33.



[1]) Als „Schlag" läßt sich ein Aufprallen eines Körpers (in diesem Falle des Hammers) auf einen zweiten mit einer solchen Geschwindigkeit bezeichnen, daß die mechanische Wirkung dieses Vorganges außer von dem Gewichte des bewegten Körpers auch zum großen Theile von jener Geschwindigkeit abhängig ist.

gering, und es sind deshalb zur Hervorbringung der letzteren mehrere, meistens zahlreiche, auf einander folgende Hammerschläge erforderlich, die, sofern es sich um Erzielung von Formveränderungen handelt, nach einander auf die nämliche Stelle oder auch auf verschiedene Stellen des Arbeitsstücks ausgeführt werden können. Zur Unterstützung des Arbeitsstücks während des Hämmerns dient eine entsprechend geformte Unterlage, der Ambos.

Die einfachste Art der Hämmer sind die Handhämmer. Sie sind in ihrer Form bekannt und bilden ein unentbehrliches Werkzeug in jeder Schmiedewerkstatt, selbst dann, wenn außer denselben Maschinenhämmer zur Verwendung stehen sollten. Ihre Größe ist durch das Gewicht begrenzt, welches ein Arbeiter mit beiden Händen zu schwingen vermag, und welches höchstens 10 kg beträgt. Die größten Handhämmer heißen Zuschlagehämmer, weil sie vom Gehülfen des Schmieds, dem Zuschläger, geführt werden; der Schmied selbst, dessen eine Hand das zu schmiedende Eisen hält, dreht und wendet, führt in der anderen Hand einen kleinen Hammer von 1 bis 2 kg Gewicht, mehr dazu dienend, dem Zuschläger Richtung und Stärke seiner Schläge zu bezeichnen, als selbst Formveränderungen hervorzubringen.

Bei Anwendung eines Maschinenhammers wird die Arbeit offenbar um so rascher fortschreiten, je mehr Hübe (Schläge) der Hammer in bestimmter Zeit auszuführen befähigt ist; und sofern das Metall im glühenden Zustande verarbeitet wird, muß sich bei Beschleunigung der Arbeit die Zahl der nothwendig werdenden Erhitzungen und somit auch der erforderliche Brennstoffverbrauch und der entstehende Abbrand verringern. Die Zahl der Hübe aber hängt indirect von der Hubhöhe, direct von der Geschwindigkeit des Hammers ab; je größer die Endgeschwindigkeit, desto kleiner kann für eine verlangte Schlagwirkung das Gewicht des Hammers sein, und desto einfacher und billiger wird die Herstellung. Aus diesen Gründen verwendet man für die Metallverarbeitung vielfach kleine Maschinenhämmer mit geringer Hubhöhe und großer Endgeschwindigkeit, welche dieser Anordnung gemäß zahlreiche Schläge (bis 500 per Minute) auszuführen im Stande sind, und nennt sie dieser Wirkung halber Schnellhämmer.

Unter den durch Elementarkraft getriebenen Stielhämmern (vergl. Bd. 7, S. 404 bis 409) findet nur der Schwanzhammer zur Verarbeitung der Metalle Verwendung. Er ist in höherem Maße als die übrigen Stielhämmer für einen raschen Gang befähigt, einfach in seiner Anlage und wird daher nicht selten benutzt, besonders wo Wasserkraft für den Betrieb vorhanden ist.

Wird der eigentliche Hammer nicht, wie bei den soeben erwähnten Schwanzhämmern, an einem in der Verticalebene um eine horizontale Achse schwingenden Stiele bewegt (wobei seine Bewegung natürlich bogenförmig ausfällt), sondern gleitet er geradlinig zwischen senkrechten Führungen auf und nieder, so heißt er Rahmen- oder Parallelhammer. Gemäß der Verschiedenheit des Antriebsmechanismus für diese Rahmenhämmer aber zerfallen dieselben wieder in ziemlich viele einzelne Gruppen.

Fallwerk heißt der Hammer, wenn der bewegte Theil desselben (Bär oder Fallblock) mit Hülfe eines über eine Rolle geführten Riemens oder Seils zwischen seinen Führungen aufwärts gezogen wird und vermöge seines Gewichts ohne

ünstliche Beschleunigung seiner Geschwindigkeit wieder niederfällt. Die End-
eschwindigkeit und somit die Wirkung des einzelnen Schlages ist also abhängig

Fig. 34.

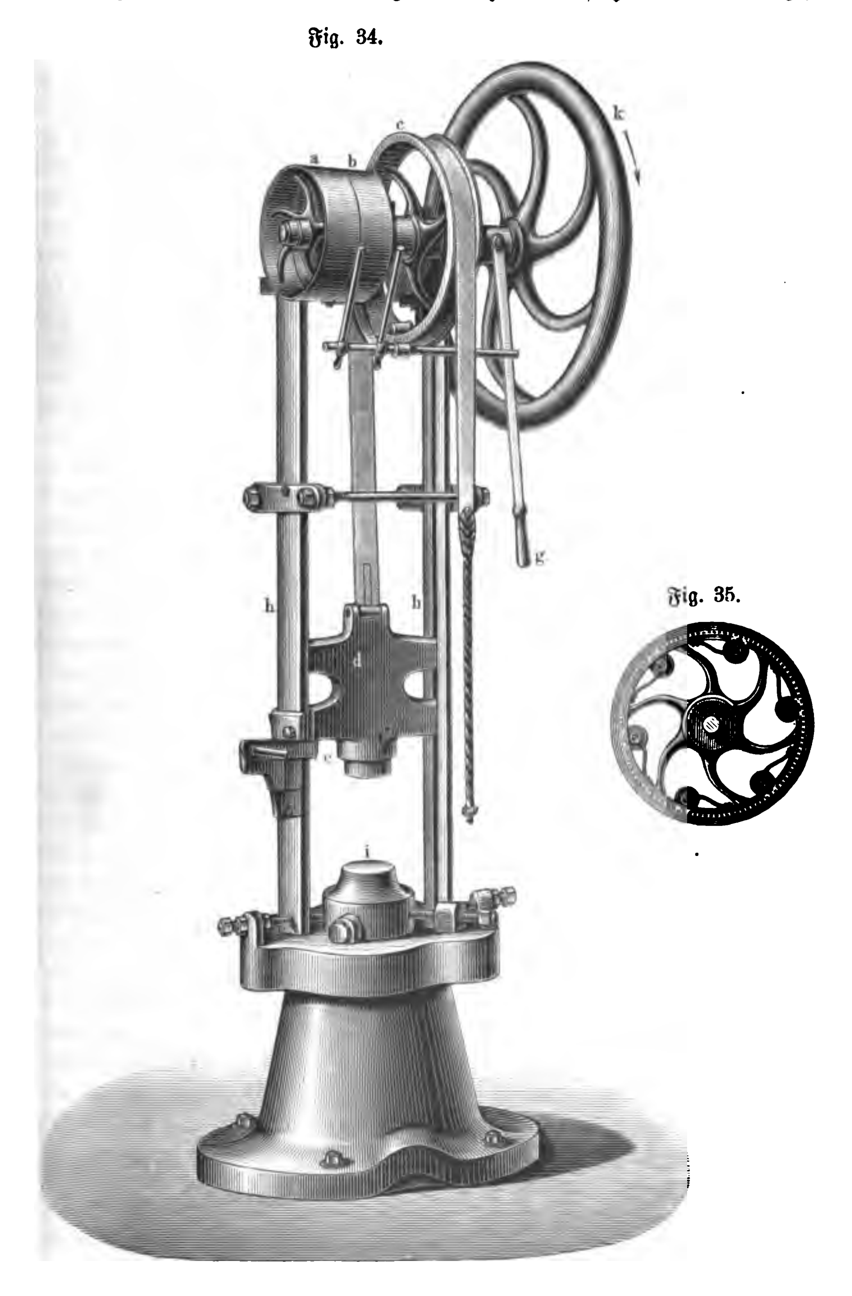


Fig. 35.

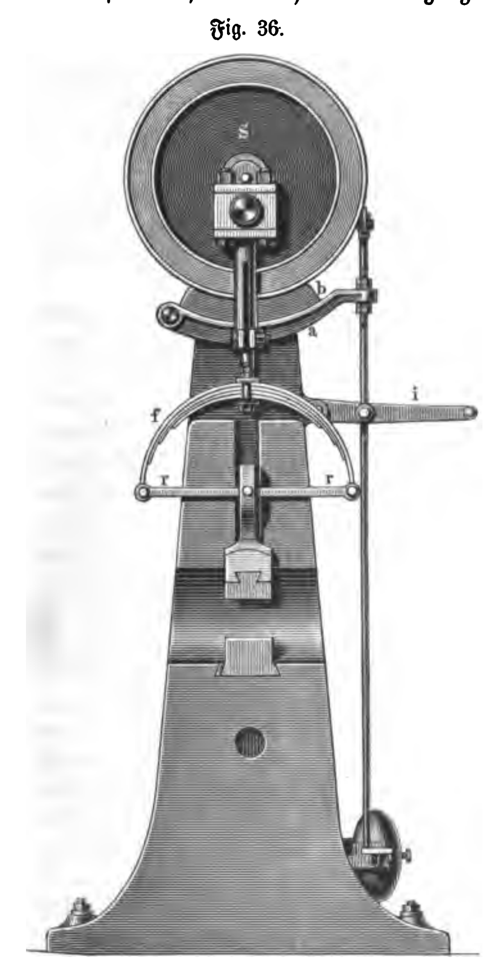
von der Hubhöhe; je größer aber dieselbe ist, desto weniger Schläge können in der Zeiteinheit ausgeführt werden. Die Bewegung der Fallwerke, d. h. das Aufziehen des Bärs, geschieht in den meisten Fällen von Hand oder mit Hülfe eines Fußtritts; größere Hämmer dieser Art jedoch werden auch wohl durch eine auf einer Transmissionswelle befestigte Riemenscheibe gehoben, über welche der mit dem Bär verbundene Riemen geführt ist und welche auf irgend eine Weise von dem Riemen frei gemacht wird, sobald der Schlag erfolgen soll. Eine sehr hübsche Einrichtung dieser Art ist in den Figuren 34 und 35 (a. v. S.) dargestellt. *d* ist der gußeiserne Bär, zwischen den prismatischen schmiedeeisernen Führungssäulen *hh* geführt. Letztere sind an ihrem oberen Ende durch ein Querhaupt verbunden, an welchem die nach vorn ausladenden (in der Abbildung theilweise verdeckten) Lager für die horizontale Welle sich befinden, die von einer an der Decke der Werkstatt gelagerten Transmissionswelle aus den Antrieb aufnimmt. Zu diesem Zwecke sind auf dem linken Ende derselben die beiden Riemenscheiben *a*, *b* angeordnet, von denen die eine als Losscheibe zur Ausrückung benutzt wird, sobald der Transmissionsriemen mit Hülfe des Hebels *g* und der an denselben angeschlossenen Riemengabel auf dieselbe geschoben wird. Auf derselben Welle befindet sich die größere Scheibe *c* und empfängt von dieser ihre Drehung. Ueber diese Scheibe ist, wie in der Abbildung ersichtlich, der Riemen gelegt, an welchem der Bär hängt, und die an den Seiten vorstehenden Ränder der Scheibe verhindern das Abgleiten desselben. In dem Kranze der Scheibe aber sind eine Anzahl Rollen von der Breite des Riemens auf Stahlfedern, welche an der Innenseite des Kranzes angeschraubt sind (vergl. Fig. 35) derartig gelagert, daß ihre Außenflächen ein wenig über die Außenfläche der Scheibe *c* vorstehen, der Riemen also, sofern er nicht angezogen wird, sondern frei hängt, nicht die Scheibe *c* berührt, sondern auf den Rollen aufliegt, welche sich frei und mit Leichtigkeit um ihre eigenen Achsen drehen. Somit kann *c* frei umlaufen, ohne daß der Riemen in Mitleidenschaft gezogen wird. Zieht man aber den Riemen nur wenig an, so werden die Rollen mit den ihnen als Stütze dienenden Federn einwärts gedrückt, der Riemen legt sich fest auf den Kranz der Scheibe *c* und wird von dieser in der Richtung ihrer Drehung mitgenommen; der Bär steigt. Man ist auf diese Weise im Stande, mit Leichtigkeit Hämmer von bedeutend größerem Gewichte zu heben, als es ohne diese mechanische Vorrichtung möglich sein würde, und demnach auch entsprechend größere Schlagwirkungen hervorzubringen. Der Schlag erfolgt sofort, sobald die Hand den Riemen losläßt und dadurch der Druck auf die Scheibe *c* aufhört. Das Rad *k* dient als Schwungrad zur Aufnahme der während des Leergangs überschüssig geleisteten Arbeit. *i* ist der Ambos, durch Stellschrauben auf dem gußeisernen Untersatze (der „Chabotte“) befestigt. Soll der Hammerbär in einiger Höhe festgehalten werden (wie in der Abbildung) zur Vornahme von Arbeiten unterhalb desselben (den Ambos auszuwechseln u. s. w.), so benutzt man dazu den Riegel *e*, welcher unter die Unterkante des Bärs geschoben wird.

Fallwerke der kleinsten Art, wie sie z. B. von Nadlern gebraucht werden und deren Hammergewicht oft nur wenige Kilogramm wiegt, pflegt man Wippen zu nennen. Fallwerke, deren Bär an einem Riemen hängt, wie bei dem abgebildeten, bezeichnet man allgemein als Riemenhämmer.

Geschieht die Aufwärtsbewegung des Hammerbärs mit Hülfe eines an einer horizontalen Welle befindlichen Hebedaumens, ähnlich wie bei dem Stempel eines Pochwerks, so heißt der Hammer **Daumenhammer**; wird sie durch Frictionsrollen bewirkt, welche gegen eine auf dem Bär befestigte senkrechte Stange gedrückt werden können und solcherart dieselbe anheben, **Frictionshammer**.

Federhämmer nennt man eine in neuerer Zeit vielfach mit Vortheil angewendete Construction, bei welcher die Bewegung des Bärs durch Kurbel und Schubstange erfolgt, zwischen Schubstange und Bär aber eine Feder eingeschaltet ist, um die durch die Kurbelbewegung erzeugte, gegen das Ende des Auf- und Niederganges sich entsprechend dem Kurbelgesetze verlangsamende Bewegung des Hammers in eine Schlagwirkung umzuwandeln und die Rückwirkung der Schläge auf den Bewegungsmechanismus abzuschwächen. Fig. 36 stellt einen solchen Federhammer in der Ansicht von vorn dar. f ist hier die halbkreisförmige, aus Stahlschienen gebildete Feder, durch zwei radiale Stahlschienen $r\,r$ zusammengehalten, welche im Mittelpunkte durch ein charnierartiges Gelenk unter sich und mit dem Hammerbär verbunden sind, so daß letzterer, welcher in senkrechten Führungen des Hammerständers gleitet, während der Ruhe in der aus der Abbildung ersichtlichen Stellung an der Feder hängt. Letztere ist, wie die Abbildung zeigt, unmittelbar an die Schubstange angeschlossen; diese erfaßt mit ihrem oberen Ende den Kurbelzapfen, welcher in der gußeisernen Schwungscheibe S befestigt ist und sich mit dieser dreht. Wird nun durch Umdrehung der Kurbel die Feder rasch angehoben, so vermag der Fallblock vermöge seiner Trägheit dieser Bewegung nicht so rasch zu folgen, die beiden

Fig. 36.

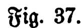


Schienen *r r* bilden einen stumpfen Winkel gegen einander und die Enden der Feder werden zusammengebogen. Hierdurch vergrößert sich die Federspannung; es tritt in Folge davon nunmehr eine beschleunigte Bewegung des Hammers ein, und die Schienen gelangen wieder in geradlinige Lage. Gleichzeitig ist aber die Kurbel auf dem höchsten Punkte angekommen und beginnt ihren Lauf abwärts. Der Hammer steigt indessen vermöge seiner lebendigen Kraft noch aufwärts, die Schienen bilden einen stumpfen Winkel nach oben, die Feder wird abermals gespannt. Sobald aber jene lebendige Kraft überwunden ist, wirken auf den Fallblock vereint sein eigenes Gewicht, der Druck der Schubstange und die Spannung der Feder; es tritt also beschleunigter Niedergang ein und der Hammer schlägt mit großer Endgeschwindigkeit auf. *a* ist ein Bremsbügel mit dem Bremsklotze *b*, welcher mit Hülfe des Hebels *i* gegen die Scheibe gedrückt wird, wenn Verlangsamung der Bewegung hervorgerufen werden soll.

Statt der Feder benutzt man mitunter Luft, welche in einem zwischen Schubstange und Hammerbär befindlichen Cylinder eingeschlossen ist und abwechselnd ausgedehnt und zusammengedrückt wird, als elastisches Medium, und erhält so das Princip der pneumatischen Hämmer.

Die in ihrer Wirkung vollkommenste Gattung von Maschinenhämmern sind endlich die Dampfhämmer. Während bei den zur Verdichtung des Eisens bestimmten Dampfhämmern (Bd. 7, S. 441) ein großes Fallgewicht und beträchtliche Hubhöhe erforderlich sind, sucht man bei den zur Verarbeitung der Metalle bestimmten Dampfhämmern aus den oben entwickelten Gründen die Wirkung des Schlages vorwiegend durch große Endgeschwindigkeit bei geringer Hubhöhe zu erreichen; und diese große Endgeschwindigkeit ist naturgemäß allein durch Anwendung von Oberdampf, d. h. Dampfdruck von oben zur Beschleunigung des Niederganges, zu erreichen. Damit hierbei die Kolbenstange nicht zertrümmert werde, ist ein großer Durchmesser derselben erforderlich; und sofern die letztere nicht etwa oberhalb des Kolbens fortgesetzt ist (wie es allerdings bei einigen Constructionen zur sicheren Führung des Bärs der Fall ist), entsteht dadurch eine große Differenz in dem freien Cylinderquerschnitte oberhalb und unterhalb des Kolbens und demnach ein in erhöhtem Maße beschleunigter Niedergang. Die dicke Kolbenstange bei verhältnißmäßig geringem Bärgewichte und geringer Hubhöhe charakterisirt alle zur Verarbeitung der Metalle bestimmten Dampfhämmer, sofern nicht etwa ausnahmsweise schwere Arbeitsstücke — große Maschinentheile aus Gußstahl u. dergl. — geschmiedet werden sollen. Die äußere Anordnung eines solchen Schnellhammers ist in Fig. 37 abgebildet (System Keller und Banning). Der Ständer des Hammers ist hohl und trägt an der vorderen Seite den angeschraubten Dampfcylinder sowie die Führungen für den Bär. Die Dampfvertheilung wird durch einen Muschelschieber bewirkt, welcher in seinem höchsten Stande den Einströmungscanal für den Unterdampf geöffnet hält, den Raum über dem Kolben aber mit dem Ausblaserohre verbindet. Der Schieberkasten ist dem Beschauer zugewendet. Die Zuleitung des Dampfs in den Kasten erfolgt von oben durch den aufwärts gerichteten Rohrstutzen und wird vermittelst eines Schiebers regulirt, beziehentlich ganz abgesperrt, welcher durch die an der Seite des Hammerständers angeordnete Handkurbel mit senkrechter Welle und

Hebel bewegt wird. Das Ausblaserohr befindet sich an der entgegengesetzten Seite, durch einen ringförmigen Canal mit dem Schieberkasten verbunden, und ist deshalb in der Abbildung nicht zu sehen. Die nach abwärts gerichtete Schieberstange endigt in einem klauenartigen, nach rechts offenen Schlitze, dessen innere


Fig. 37.



Flächen mit Stahlplatten armirt sind, und in welchen ein an der dahinter liegenden horizontalen Welle befindlicher Daumen (kurzer Hebelarm) eingreift (letzterer ist in der Abbildung nicht deutlich ersichtlich). An dem rechten Ende dieser Welle befindet sich ein zweiter längerer Hebelarm, welcher mit jenem kurzen zusammen einen Winkelhebel bildet. Das Ende des längeren Arms steckt verschiebbar in

einer Hülse, welche um einen an dem Hammerbär befestigten Bolzen drehbar ist. Es ist einleuchtend, daß, sobald der Bär steigt, die Hülse sich drehen, der Arm in derselben sich verschieben, dabei ebenfalls eine entsprechende Drehung erlangen und diese durch die Welle auf den kurzen Hebelarm übertragen wird. Wie erwähnt, befindet sich der Steuerungsschieber bis dahin in seiner höchsten Stellung. Da der Schlitz am unteren Ende der Schieberstange breiter ist als der in denselben eingreifende Daumen, so hat dieser im Beginne des Hubes Spielraum für die Drehung und der Schieber bleibt während dieses sogenannten „todten Ganges" oder „Leergangs“ unbewegt. Sobald aber bei vorgeschrittenem Hube der Hebel die untere Fläche des Schlitzes erreicht, wird die Schieberstange abwärts bewegt und zuerst vermittelst des unteren Schieberlappens die Einströmung abgesperrt; Expansion des Dampfes beginnt. Dann wird auch der Ausströmungscanal durch den oberen Schieberlappen geschlossen, und der über dem Kolben befindliche Dampf eingeschlossen und zusammengedrückt; endlich tritt bei weiterem Aufsteigen des Kolbens und bei weiterem Hinabrücken des Schiebers der untere Dampfcanal mit dem inneren Raume des Schiebers und dem Ausblaserohre, der obere Dampfcanal dagegen mit dem dampferfüllten Raume des Schieberkastens in Verbindung; Oberdampf tritt ein und wirft den Kolben abwärts. Es folgt nun das umgekehrte Spiel der Steuerung als beim Aufsteigen; zuerst Leergang, dann Expansion u. s. w., zuletzt Umsteuerung. Hubhöhe und Schlagstärke lassen sich in folgender Weise reguliren. Die horizontale Drehungsachse der beiden die Umsteuerung bewirkenden Hebelarme steckt excentrisch in einer hohlen Welle, welche mit Hülfe eines an einem Gradbogen stellbaren Handhebels (in der Abbildung erkennbar) drehbar ist. Hierdurch läßt sich, sobald der Hebel gedreht wird, jene Drehungsachse der Steuerungshebel etwas höher oder tiefer stellen. Stellt man sie tiefer, so wird auch der Steuerungsschieber eine tiefere Stellung erhalten, die Umsteuerung findet beim Aufsteigen des Bärs zeitiger statt, der Hub wird verkürzt, beim Fallen tritt früher Gegendampf ein und die Schlagstärke wird geschwächt.

b. Die Pressen.

An Stelle der zahlreichen Schläge beim Hämmern tritt ein ruhiger Druck von solcher Intensität, daß die Wirkung zahlreicher Hammerschläge dadurch ersetzt und die beabsichtigte Formgebung häufig schon durch eine einmalige Einwirkung erreicht wird [1]).

Zur Hervorbringung dieses oft ungeheuren Druckes können sehr verschiedene Mechanismen benutzt werden. Nicht selten bedient man sich des ungleicharmigen *Hebels*; solche Hebelpressen haben den Vortheil großer Einfachheit und geringer Reibungsverluste, beanspruchen aber verhältnißmäßig viel Platz; in anderen Fällen

[1]) Druck und Schlag unterscheiden sich durch die verschiedene Endgeschwindigkeit. Die mechanische Wirkung des Schlages beruht, wie oben erläutert wurde, zum nicht geringen Theile auf der großen Geschwindigkeit, mit welcher der betreffende Apparat (Hammer) auf das Arbeitsstück aufstößt; die mechanische Wirkung des Druckes nur auf der Intensität der angewendeten Kraft.

rfüllt eine in einer festliegenden Schraubenmutter gedrehte und dadurch vorwärts ewegte, gewöhnlich senkrechte Schraubenspindel mit übergestecktem, zum Drehen estimmtem Hebel diesen Zweck (Schraubenpressen); oder man läßt den Druck urch eine von einer Kurbel oder einem Excenter angetriebene, leicht ausrückbare Druckstange ausüben, während ein auf der Kurbel- oder Excenterwelle angeordnetes Schwungrad als Arbeitssammler während des Leergangs dient (Excenterpressen); bisweilen findet man Dampfdruck angewendet, auf einen Kolben mit großer Oberfläche wirkend; häufiger aber, und jedenfalls zweckmäßiger, hydraulischen Druck, mit dessen Hülfe man Leistungen hervorrufen kann, wie sie kein anderer Apparat zu liefern im Stande ist (hydraulische Pressen).

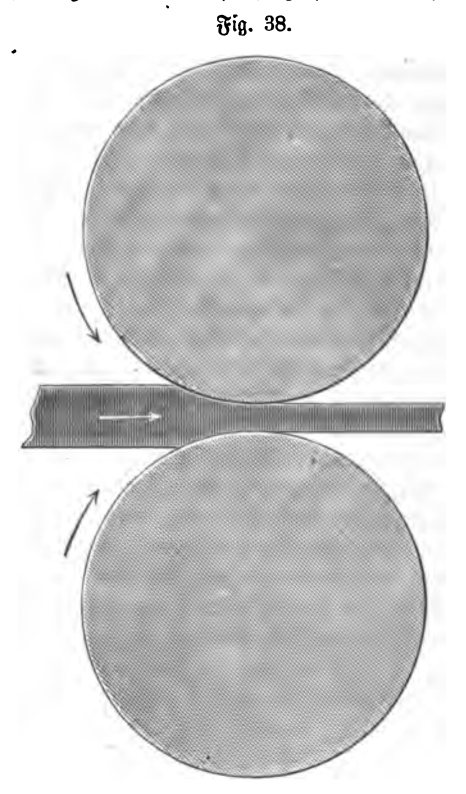
Während beim Hämmern selbst ohne Anwendung besonderer Hülfsmittel oder doch mit nur sehr einfachen Ergänzungsapparaten (Gesenken) sich sehr mannigfaltige Formen herstellen lassen, da das Arbeitsstück nach jedem einzelnen Schlage gedreht und gewendet werden kann, läßt sich beim Pressen, wo ein einmaliger Druck die Formgebung ausführt, jenes Drehen und Wenden des Arbeitsstücks während der Arbeit also nicht möglich ist, eine bestimmte Form nur herstellen, wenn die stattfindende Verschiebung der Molecüle durch ein das ganze Arbeitsstück umschließendes, aus Gußeisen oder Stahl hergestelltes, formgebendes Ergänzungsstück (Gesenk, Matrize) genau begrenzt ist. Hieraus folgt aber, daß die Anwendung einer Presse gegenüber dem Hämmern kostspielig ist, wenn nur wenige Arbeitsstücke von gleicher Form hergestellt werden sollen; daß sie an Werth gewinnt, je größer die Zahl der letzteren ist, und daß sie wegen des kürzeren Verlaufs der Arbeit und der größeren Genauigkeit in den Umrissen der erfolgenden Gegenstände stets dann vor dem Hämmern den Vorzug verdient, wenn fabrikmäßig eine große Zahl gleicher Gegenstände von solcher Form gefertigt werden sollen, daß überhaupt die Anwendung einer Presse möglich ist.

c. Die Walzwerke.

Bei einem Walzwerke, dessen Einrichtung im Allgemeinen bereits in Bd. 7, S. 451 ff. erläutert wurde, wird das Arbeitsstück, sobald es gegen die beiden sich in entgegengesetzter Richtung drehenden Walzen gedrückt wird, von diesen vermöge der Reibung an den Berührungsstellen ergriffen und vorwärts geschoben, wie es Fig. 38 (a. f. S.) schematisch darstellt. Dabei muß natürlich eine Verdünnung des Querschnitts des Arbeitsstücks auf den Abstand der beiden Walzenoberflächen von einander unter Ausdehnung in der Länge bewirkt werden; diese Querschnittsverdünnung ist theils eine Folge des von den Walzen gegen das Arbeitsstück ausgeübten Druckes, vorwiegend aber des Zuges, vermittelst dessen die Walzen die Bewegung des Arbeitsstücks durch den kleineren zwischen ihnen befindlichen offenen Querschnitt hindurch bewirken. Eine Folge dieser stärkeren Zugwirkung ist, daß, auch wenn das Arbeitsstück zwischen den Walzen ausreichende Gelegenheit findet, sich seitlich (in der Achsenrichtung der Walzen) auszubreiten, doch diese Ausbreitung unbedeutend gegenüber der eintretenden Längenausdehnung (in der Bewegungsrichtung des Arbeitsstücks) bleibt. Das Verhältniß zwischen Verlängerung und

Ausbreitung ist theils von den Betriebsverhältnissen und Abmessungen des Walzwerks, theils von der Beschaffenheit des Arbeitsstücks selbst abhängig; es ist größer bei Walzen mit kleinerem Durchmesser als mit größerem, sofern die Umfangsgeschwindigkeit die nämliche ist, größer bei weichen als bei harten Metallen. Eine andere Folge dieses ausgeübten Zuges ist eine Verschiebung der Molecüle über einander in der Bewegungsrichtung. Bei weichen Metallen, welche kalt gewalzt werden (Blei u. a.), findet die Streckung vorzugsweise in den äußeren Theilen des Querschnitts statt, welche unmittelbar von den Walzen ergriffen werden, und das Walzstück kommt mit concaven Randflächen zwischen den Walzen hervor; verarbeitet man aber Metalle, welche im kalten Zustande hart und deshalb erhitzt worden sind (Eisen u. a.), so werden die äußeren Querschnittstheile des Arbeitsstücks, sobald sie mit den Walzen in Berührung kommen, abgekühlt und dadurch härter; die inneren, noch heißeren Theile werden stärker gestreckt und das hervorkommende Walzstück zeigt convexe Ränder. Aus dieser Verschiebung der Molecüle in der Längsrichtung erklärt sich denn auch die bei manchen Metallen, insbesondere beim kohlenstoff- und phosphorarmen Schmiedeeisen, deutlich hervortretende Neigung, beim Walzen fasrige, sehnige Textur anzunehmen, sobald die Streckung in einer Temperatur vor sich geht, wo die Molecüle sich bereits zu einem bestimmten Gefüge gruppirt hatten, und nun ohne gewaltsame Aenderung dieses Gefüges nicht mehr eine andere Lage annehmen können.

Fig. 38.



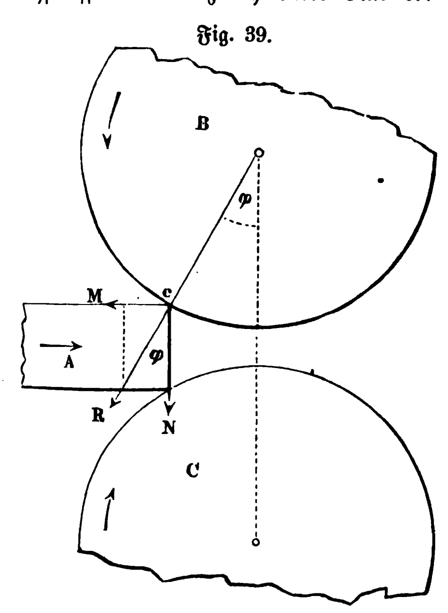
Damit aber das zu walzende Metallstück thatsächlich von den Walzen ergriffen und vorwärts bewegt werde, muß der Durchmesser der Walzen in einem gewissen Verhältnisse zu der Dicke des Arbeitsstücks stehen. Denn der Druck R (Fig. 39), den die Walze auf das letztere an der Stelle, wo es zuerst die Walzenoberfläche berührt, ausübt, zerlegt sich in eine normale Druckkraft $N = R \cos \varphi$, durch welche die erforderliche Reibung erzeugt wird, und eine Horizontalkraft $M = R \sin \varphi$, welche das Arbeitsstück zurückstößt. Damit dieses Zurückstoßen überwunden werde,

muß, wenn f der Reibungscoefficient zwischen Walzen und Arbeitsstück ist, $f\,N$ größer als M sein; also

$$f\,R\cos\varphi > R\sin\varphi;\ \text{oder}$$
$$f > tg\,\varphi.$$

Der Winkel φ muß also kleiner als der Reibungswinkel sein. φ aber wächst offenbar mit zunehmender Dicke des Arbeitsstücks oder mit abnehmendem Walzendurchmesser; und man pflegt deshalb als Regel anzunehmen, daß der Walzendurchmesser mindestens 10 mal so groß sein müsse, als die Dicke des Arbeitsstücks.

Fig. 39.



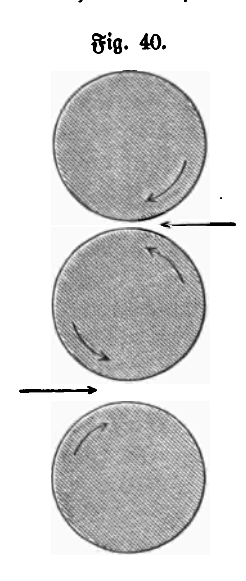
Wenn das Walzstück die Walzen verlassen hat, so muß es, sofern eine neue Formveränderung bei abermaligem Durchgange durch die Walzen stattfinden soll, und die Walzen unverändert in derselben Richtung sich drehen, über die Oberkante der oberen Walze hinübergehoben werden, um aufs Neue von derselben Seite aus wie vorher zwischen die Walzen geführt zu werden. Dieses Zurückgeben des Walzstücks (Ueberheben) erfordert einen Arbeitsaufwand, welcher mit dem Gewichte des Walzstücks wächst und bei schweren Stücken überhaupt nur durch mechanische Hülfsmittel zu bewirken ist; es ist ferner mit einem Zeitverluste verknüpft, welcher besonders dann nachtheilig wirkt, wenn Arbeitsstücke mit schwachen Querschnitten, also rasch abkühlend, in erhitztem Zustande verarbeitet werden. Es ist daher ebensowohl bei sehr schweren als sehr schwachen Arbeitsstücken besonders wichtig, jene Nachtheile des leeren Ueberhebens zu vermeiden. Hierfür giebt es zwei Mittel:

Man kann erstens ein Walzwerk mit zwei Walzen (Duowalzwerk), wie bisher besprochen, mit einer Vorrichtung versehen, welche eine Umkehr der Drehungsrichtung der Walzen ermöglicht, sobald das Walzstück dieselben verlassen hat, und somit vor- und rückwärts walzen (Kehrwalzwerke oder Reversirwalzwerke). Bei dieser Einrichtung fällt mithin die Arbeit des Anhebens des Walzstücks überhaupt weg, und aus diesem Grunde eignet sich dieselbe um so besser, je schwerer das Walzstück ist (gebräuchlich für Panzerplatten und schwere Bleche aus Eisen, Stahl, Blei u. a. m.); aber in den umlaufenden Theilen eines Walzwerks ist stets eine beträchtliche lebendige Kraft enthalten, welche bei der Umkehr vernichtet und neu erzeugt werden muß; und dieser Vorgang ist natürlich gleichbedeutend mit einem Verluste an mechanischer Arbeit. Die Umkehr wird entweder durch Um-

steuerung der Betriebsmaschine selbst bewirkt, in welchem Falle dieselbe aus nahe liegenden Gründen ohne Schwungrad arbeiten und demnach kräftig genug gebaut sein muß, um die Widerstände beim Durchgange des Arbeitsstücks, zu deren Ueberwindung sonst zum großen Theile die in dem Schwungrade angehäufte mechanische Arbeit verwendet wird, allein zu bewältigen; oder man läßt die Betriebsmaschine nebst Schwungrad ununterbrochen in der nämlichen Richtung laufen, schaltet aber zwischen Walzwerk und Schwungrad zwei verschiedene Getriebesysteme ein, welche, je nachdem das Walzwerk mit dem einen oder anderen derselben gekuppelt wird, die Drehung in verschiedener Richtung übertragen. Diese Einrichtung würde unstreitig von den beiden die zweckmäßigere sein, wenn nicht die Schwierigkeit groß wäre, Kupplungen zu construiren, welche den beim Umschalten eintretenden heftigen Stößen gegenüber sich als ausreichend widerstandsfähig erweisen.

Man kann aber auch zweitens statt zweier Walzen deren drei über einander anordnen und somit das Walzstück, wenn es zwischen zwei derselben herausgekommen ist, sofort zwischen der zweiten und dritten unter abermaliger Querschnittsverdünnung zurückgeben (Triowalzwerke) (Fig. 40). Hierdurch wird zwar nicht das Anheben des Walzstücks nach beendigtem Durchgange durch das untere Walzenpaar entbehrlich, wohl aber der leere Rückgang vermieden und somit an Zeit gespart. Diese Triowalzwerke finden deshalb stets dann Anwendung, wenn es sich vor allen Dingen um rasche Vollendung der Arbeit handelt, d. h. bei Walzstücken mit dünnen Querschnitten (Feineisen, Walzdraht) und neuerdings auch vielfach bei mittelschweren Gegenständen, die in einer Hitze ausgewalzt werden sollen (Eisenbahnschienen).

Fig. 40.



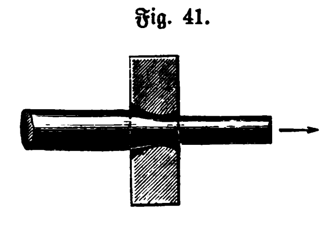
Sollen Bleche hergestellt werden, d. h. Metalltafeln von bestimmter Dicke und beträchtlicher, aber nicht genau bestimmter Breite, so benutzt man glatte Walzen, deren Abstand von einander verstellbar ist, so daß sie nach jedem Durchgange des Walzstücks einander genähert werden können, um eine neue Querschnittsverkleinerung hervorzubringen. Sollen dagegen stabförmige Körper mit bestimmt begrenzten Querschnitten gewalzt werden (Rund-, Quadrat-, Flachstäbe, Eisenbahnschienen, Winkeleisen, Doppelt-T-eisen u. v. a.), so müssen die Walzen mit herumlaufenden, in Unter- und Oberwalze genau auf einander passenden Einschnitten, beziehentlich Erhöhungen, welche in die Einschnitte hineingreifen, versehen sein, welche Kaliber genannt werden und deren jedes einzelne genau dem Querschnitte entsprechen muß, welchen der Stab bei seinem Durchgange durch dasselbe erhalten soll. Für eine Umwandlung eines rohen Metallblocks zu einem als Handelswaare dienenden Stabe mit bestimmtem Querschnittsprofile muß derselbe 8, 10 oder mehr Kaliber passiren, deren jedes folgende eine weitere Querschnittsverdünnung unter steter Näherung an die zu erreichende Endform hervor-

bringt. Solche Kaliber erfüllen demnach denselben Zweck beim Walzen als die Gesenke beim Schmieden, die Patrizen und Matrizen beim Pressen und sind als herumlaufende d. h. endlose Patrizen und Matrizen oder Gesenke zu betrachten.

d. Die Ziehbänke.

Die Stelle des Gesenks und der Matrizen, in welche beim Hämmern oder Pressen das dehnbare Metall hineingedrückt wird, des Kalibers, welches es beim Walzen zu passiren hat, um ein gleiches Querschnittsprofil als dieses zu erhalten, ersetzt bei der Verarbeitungsmethode, welche man das Ziehen der Metalle nennt, eine in hartem Materiale (Gußstahl, Gußeisen, bei sehr feinen Querschnitten auch wohl Edelstein) angeordnete durchgehende Oeffnung, das Ziehloch genannt; und die Verarbeitung erfolgt in der Weise, daß das vordere Ende eines schon vorher zu Stangen- oder Plattenform ausgearbeiteten Arbeitsstücks, nachdem es durch vorläufiges Hämmern oder Biegen für das Ziehloch passend gemacht wurde, durch dasselbe hindurchgesteckt, bei seinem Heraustreten auf der entgegengesetzten Seite desselben aber durch ein geeignetes Werkzeug (eine Zange) erfaßt und weiter vorwärts bewegt wird, wie es Figur 41 schematisch darstellt, so daß das ganze Arbeitsstück gezwungen ist, allmälig das Ziehloch zu passiren und dabei das Querschnittsprofil desselben anzunehmen. Die Wirkung eines Ziehlochs ist demnach derjenigen eines Kalibers bei Walzen ähnlich; aber ein wesentlicher Unterschied beruht darin, daß beim Ziehen ein fremdes Werkzeug zur Fortbewegung des Arbeitsstücks unter Ueberwindung der in dem Ziehloche entstehenden gleitenden Reibung erforderlich ist, während beim Walzen diese Reibung selbst die Bewegung hervorruft. Dadurch wird die Ausnutzung der Arbeit beim Ziehen erheblich ungünstiger als beim Walzen; aber die zu benutzenden Geräthe sind einfacher und, wo es sich um weitgehende Querschnittsverdünnungen handelt, ist das Ziehen allein anwendbar. Nicht selten pflegt man deshalb durch Walzen vorzuarbeiten und durch Ziehen zu vollenden.

Fig. 41.

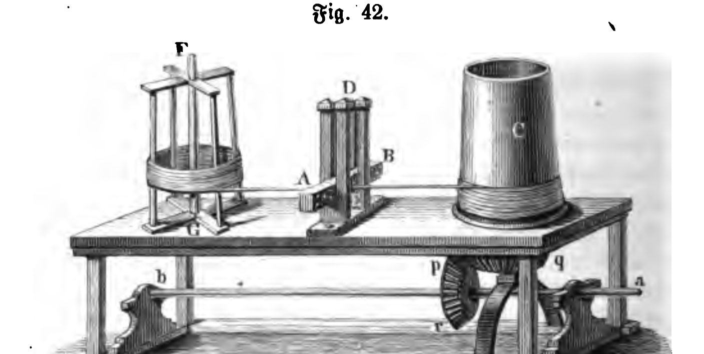


Zur Aufnahme sowohl des mit dem Ziehloche versehenen Geräths (gewöhnlich Zieheisen genannt) als der zur Ausführung des Ziehens bestimmten Vorrichtung dient die Ziehbank. Man unterscheidet im Wesentlichen zwei Hauptgattungen derselben.

Die Scheiben- oder Leierziehbank (Fig. 42, a. f. S.) enthält zunächst in der Mitte das Zieheisen AB, mit verschiedenen Ziehlöchern von abnehmendem Durchmesser versehen und in einem Ständer D befestigt; an der linken Seite desselben den Haspel oder Hut F, aus eisernen oder hölzernen Stäben in einfachster Weise zusammengesetzt, um eine senkrechte in der Bank befestigte Stange drehbar und zur Aufnahme des vorher in Ringform aufgewickelten, zum Ziehen bestimmten Arbeitsstücks dienend; an der rechten Seite die gußeiserne Leier oder

Trommel C, welche an einer senkrechten Welle hängt und von einer unterhalb der Bank gelagerten Transmissionswelle aus in Drehung versetzt wird. An dieser Trommel wird das durch das Ziehloch hindurchgesteckte Ende des Arbeitsstücks befestigt, und sobald sie in Drehung versetzt wird, zieht sie das letztere nach sich

Fig. 42.

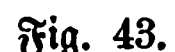


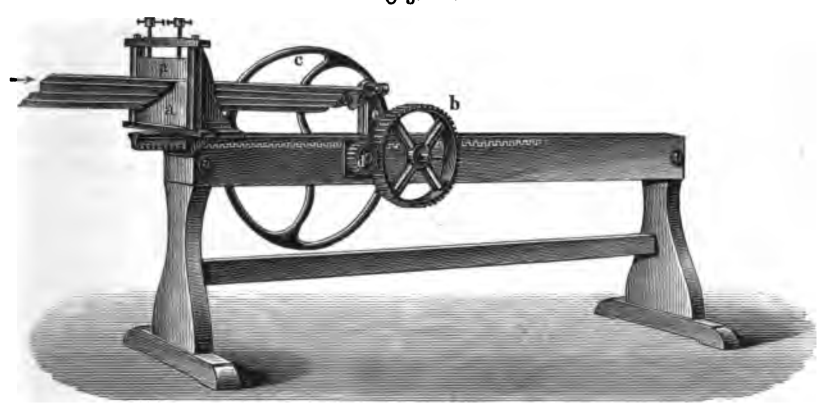
durch das Ziehloch hindurch, es gleichzeitig auf ihrer Außenfläche wiederum zu Ringform aufwickelnd. Eine einfache Vorrichtung dient zur selbstthätigen Ausrückung der Bewegung der Trommel, sobald das Arbeitsstück vollständig das Ziehloch passirt hat.

Es folgt aus dieser Anordnung einer Leierziehbank, daß nur solche Gegenstände auf derselben gezogen werden können, deren Querschnitt dünn genug ist, daß das Aufwickeln zu einem Ringe möglich ist, und man benutzt sie deshalb ausschließlich zum Ziehen von Drähten; hierbei aber besitzt sie den großen Vortheil, daß die Länge der Arbeitsstücke fast unbeschränkt sein kann und jedenfalls unabhängig ist von der Länge der Bank selbst, sofern nur die Trommel groß genug ist, um das Aufwickeln des Drahts zu gestatten. Der auf C aufgewickelte Ring wird dann, da bei dem einmaligen Durchgange immerhin nur eine beschränkte Querschnittsverdünnung zu ermöglichen ist, wiederum auf den Haspel F gebracht, um aufs Neue durch ein engeres Ziehloch hindurchgezogen zu werden (der jedesmalige Verdünnungsfactor, d. h. das Abnahmeverhältniß der Durchmesser der auf einander folgenden Ziehlöcher pflegt 0,8 bis 0,95 zu betragen); und diese Arbeit wird so oft wiederholt, bis die gewünschte Querschnittsverdünnung erreicht ist.

Bei der zweiten Gattung von Ziehbänken findet jene für die Leierziehbank charakteristische Aufwickelung des Arbeitsstücks in Ringform nicht statt; die Bewegung des ziehenden Werkzeugs erfolgt geradlinig von einem Ende der Bank zum anderen, und aus diesem Grunde ist die Länge der zu ziehenden Gegenstände abhängig von der Länge der Bank. Sie sind aber unentbehrlich, wo eben das Arbeitsstück seine geradlinige Form beibehalten muß: zum Ziehen von Röhren, Gesimsen u. dergl. Nach der Einrichtung des Bewegungsmechanismus für diese

Ziehbänke unterscheidet man wieder verschiedene Arten derselben. Bei der **Schleppzangenziehbank**, welche vornehmlich zum Ziehen von Röhren benutzt zu werden pflegt, dient zum Erfassen des Arbeitsstücks eine Zange, deren Schenkel entweder (bei Handbetrieb) an einen Riemen angeschlossen sind, welcher durch Kurbeldrehung auf eine Rolle aufgewickelt wird und dabei die Zange auf der Bank fortzieht; oder in eine Kette ohne Ende eingehakt werden, welche über eine am Ende der Bank gelagerte und gewöhnlich von einer Transmissionswelle aus angetriebene Scheibe geführt ist, und unterhalb der Bank wieder zurückgeht, so daß eine Auslösung der Zange am Ende der Bank bewirkt werden muß. In beiden Fällen bewirkt der von dem Riemen beziehentlich der Kette auf die Zangenschenkel ausgeübte Zug ein so festes Zusammendrücken des Zangenmauls, daß das einmal ergriffene Arbeitsstück nicht wieder losgelassen wird, sondern der Bewegung der Zange zu folgen gezwungen ist. Bei der **Zahnstangenziehbank** dagegen (von den Blecharbeitern vielfach zur Darstellung profilirter Leisten aus Blech benutzt und in diesem Falle gewöhnlich **Sickenzug** genannt) wird das Arbeitsstück mit Hülfe einer einfachen Einspannvorrichtung an einem Schlitten befestigt, welcher durch Getriebe und Zahnstange in der Längenrichtung der Bank vorwärts


Fig. 43.



bewegt wird. Fig. 43 stellt eine derartige Ziehbank mit in Verarbeitung befindlichem Arbeitsstücke dar. Das Zieheisen ist hier zweitheilig und besteht aus zwei Ziehbacken *a a*, welche in den am Ende der Bank aufgeschraubten Ständer (Vorlage) mit Hülfe von senkrechten Nuthen eingesetzt sind, und deren Abstand von einander vermittelst zweier Druckschrauben in der ersichtlichen Art und Weise regulirbar ist. Die beiden Wangen der aus Holz gefertigten Bank sind an der Innenseite mit horizontalen, glatt gehobelten Eisenschienen armirt, welche als Führung für die in der Abbildung am linken Ende der Bank etwas vorstehende Zahnstange zu dienen bestimmt sind. Letztere erhält ihre Bewegung durch ein auf der Welle des Rades *b* befestigtes, zwischen beiden Wangen befindliches Getriebe, während die Drehung dieses letzteren von dem Kurbelrade *c* aus in der unschwer erkennbaren Art und Weise mit Hülfe eines Rädervorgeleges *d b* bewirkt

wird. Auf der Mitte der Zahnstange ist der Kopf (Schlitten) *e* befestigt, an welchen vermittelst eines verstellbaren Zangenhalters mit zwei durch Schrauben zusammengedrückten Zangen das Arbeitsstück angeschlossen wird.

4) Die Arbeitsmethoden.

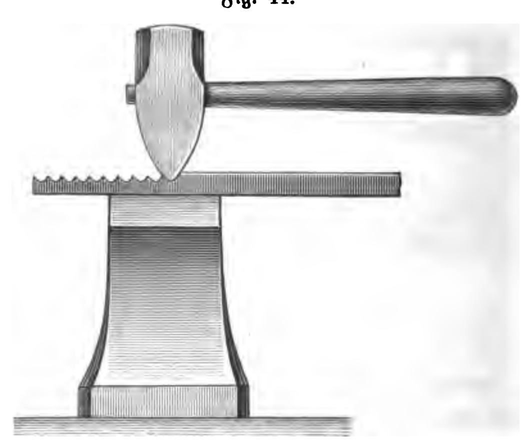
Trotz der Mannigfaltigkeit der durch Dehnung der Metalle hervorzubringenden Formen lassen sich doch eine gewisse Zahl bestimmter Vorgänge beziehentlich Arbeitsmethoden erkennen, auf deren Einzelwirkung oder Aufeinanderfolge fast immer die Umformung eines Metallstücks beruht.

a. Das Strecken.

Man versteht unter diesem Ausdrucke eine Ausdehnung in der Länge unter Verkleinerung des Querschnitts.

Soll der Hammer zum Strecken benutzt werden, so führt man die Arbeit durch eine Anzahl von Schlägen neben einander aus, welche sämmtlich quer über das ganze Arbeitsstück hinübergehen, so daß jeder einzelne derselben eine die ganze Breite einnehmende Querschnittsverdünnung hervorbringt (Fig. 44). Da nun aber die Wirkung jedes einzelnen Schlages um so intensiver sein wird, auf eine

Fig. 44.



je kleinere Fläche sie concentrirt ist, so wendet man zum Strecken Hämmer mit verhältnißmäßig schmaler arbeitender Fläche an; es entstehen dadurch tiefe Parallelfurchen auf der Oberfläche des Arbeitsstücks, die dann durch spätere Bearbeitung mit einem breiten Hammer geglättet („geschlichtet“) werden. Da ein mit der Hand geführter Hammer zwei zum Aufschlagen bestimmte Flächen besitzt, so pflegt man, um mit demselben Hammer abwechselnd strecken und schlichten zu können,

die eine derselben schmal, die andere breit zu machen (wie in der Abbildung) und nennt die erstere, zum Strecken dienende, Finne, die andere Bahn. Auch Maschinenhämmern giebt man, wo es angeht, eine schmale und eine breite Fläche neben einander, um bald auf jener Stelle strecken, bald auf dieser schlichten zu können; oder bei flachrechteckiger Form der Hammer- und Ambosbahn, wie sie z. B. die meisten Schwanzhämmer besitzen, streckt man, indem man den Stab quer über den Ambos legt, und schlichtet dann, indem man um 90 Grad herumgeht, so daß nunmehr die Längenrichtung des Arbeitsstücks mit derjenigen der Hammerbahn zusammenfällt.

Weit rascher als unter Hämmern geht das Strecken zwischen Walzen vor sich, besonders wenn dieselben mit Kalibern versehen sind, welche eine starke Zusammendrückung des hindurchgeführten Stabes bewirken; es wurde jedoch schon erwähnt, daß die in Walzwerken zu erreichende Querschnittsverdünnung durch das eintretende Zerreißen des Arbeitsstücks beschränkt ist, und wo daher Stäbe mit sehr geringen Querschnitten hergestellt werden sollen (Drähte, Röhren), pflegt die letzte Streckung auf Ziehbänken gegeben zu werden.

Am wenigsten geeignet zur Hervorbringung bedeutender Streckungen sind aus naheliegenden Gründen die Pressen.

b. Das Stauchen.

Dasselbe bildet die entgegengesetzte Arbeit des Streckens: eine Verkürzung der Länge unter Verdickung des Querschnitts. Im allgemeineren Sinne nennt man Stauchen jede Verkürzung irgend einer bestimmten Abmessung des Arbeitsstücks. Das üblichste Geräth zum Stauchen ist der Hammer oder die Presse. Eine Welle, welche an irgend einer Stelle eine Verdickung erhalten soll, wird hier erwärmt und dann gestaucht, d. h. durch Hammerschläge, welche gegen ihre Endfläche geführt werden, verkürzt; an einem Nietbolzen, welcher durch das Nietloch hindurchgesteckt war, wird durch Stauchung mit Hülfe des Hammers oder einer Presse der zweite Kopf ausgebildet; u. s. f.

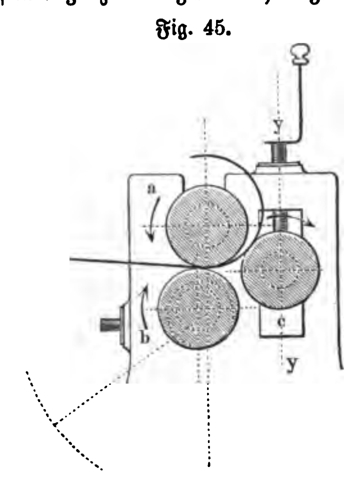
c. Das Biegen.

Man kann Biegung als eine Formveränderung bezeichnen, bei welcher die Molecüle des Arbeitsstücks innerhalb einer quer durch dasselbe hindurchgehenden Schicht — der sogenannten neutralen Faser — eine Aenderung ihrer Lage gegen einander bei gleich bleibenden Abständen von einander erfahren. An der einen Seite der neutralen Faser muß das Material gestreckt, an der anderen gestaucht werden. Die Folge davon ist, daß, wenn z. B. ein prismatischer Stab mit rechteckigem Querschnitte gebogen wird, der Querschnitt nach dem Biegen Trapezform angenommen hat, unterhalb der neutralen Faser breiter, oberhalb schmaler geworden ist. Diese Querschnittsänderungen sind naturgemäß um so beträchtlicher und die Gefahr für ein Zerreißen auf der einen, ein Zerdrücken des Materials auf der anderen Seite ist um so größer, je beträchtlicher die Dicke des Arbeitsstücks (recht-

winklig gegen die Ebene der neutralen Faser gemessen) ist; und aus diesem Grunde erträgt jedes Arbeitsstück um so leichter Biegungen, je dünner es ist.

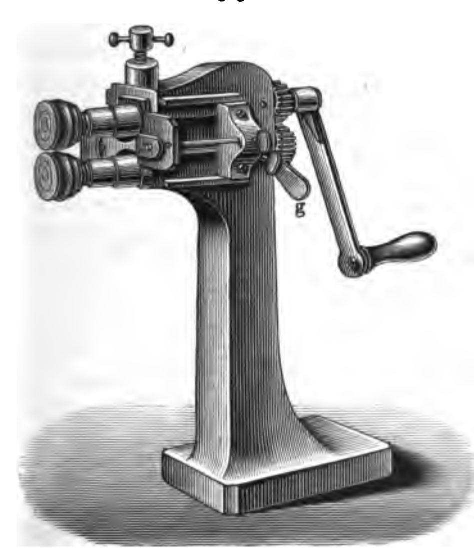
Einfache Biegungen lassen sich mit Hülfe des Hammers hervorbringen. Der Schmied biegt einen Eisenstab, indem er denselben über das sogenannte „Horn“ — einen konischen Ansatz an der Seite seines Amboses — legt, auf das freiliegende Ende Hammerschläge ausführt und den Stab allmälig vorschiebt; der Schlosser biegt eine Blechtafel zu einem Rohre, indem er sie um einen Dorn, d. h. einen cylindrischen Eisenstab von dem Durchmesser, welchen das Rohr erhalten soll, herumklopft. Rascher und sicherer gelangt man mit Hülfe einer Presse zum Ziele, wobei eine Schablone oder ein Modell das Maß und die Art der Biegung vorschreibt. Bei kleineren „Biegemaschinen“ dieser Art pflegt der Hebel zur Uebertragung des von Hand geübten Drucks benutzt zu werden. Besonders häufig finden sich solche kleine Hebelpressen in den Werkstätten der Klempner zum Biegen der von denselben verarbeiteten Bleche. Sollen aber Cylinderflächen durch Biegung hergestellt werden, so läßt sich dieser Zweck auch ohne eigentliche Schablone erreichen, indem man einen gleichbleibenden Druck gegen das allmälig vorrückende Arbeitsstück wirken läßt, so daß dasselbe nach und nach an jeder Stelle seiner ganzen Längenausdehnung von jenem Drucke beeinflußt wird. Je stärker der Druck hierbei ist, desto kleiner wird der Krümmungshalbmesser der entstehenden Biegung ausfallen. Der Vorschub des Arbeitsstücks bei dieser Art der Biegung pflegt durch ein Walzenpaar bewirkt zu werden. Fig. 45 stellt die Einrichtung einer derartigen Biegemaschine dar, welche sowohl zum Biegen dicker und dünner Bleche als von Stäben (z. B. Radreifen) benutzt wird. *a* und *b* sind die Zuführungswalzen, deren Abstand von einander gemäß der verschiedenen Blechdicke durch Verstellung der unteren Walze veränderlich ist. Die Bewegung erfolgt durch ein Paar Getriebe, auf den Enden der im gußeisernen Walzgerüste gelagerten Walzenzapfen befestigt, deren einer durch Zahnradübersetzung von einer Handkurbel oder bei größeren Maschinen von einer Riemenscheibe aus seinen Antrieb erhält. *c* ist die Biegewalze, mit Hülfe einer Schraubenspindel verstellbar. Je höher dieselbe gestellt wird, desto größer ist der von ihr auf das Blech ausgeübte Druck, desto stärker die Biegung. Zur Entfernung des fertigen Cylinders aus der Maschine wird die Walze *a* herausgehoben, so daß er sich ohne Schwierigkeit von derselben abziehen läßt. Giebt man der Maschine eine Einrichtung, welche neben der erwähnten Verstellung von *c* auch eine Aenderung ihrer Achsenrichtung ermöglicht, so daß ihre Achse schräg gegen die Achsen der Walzen *a* und *b* gerichtet ist, so ist man dadurch in Stand gesetzt, auch Kegelmäntel zu biegen.

Fig. 45.



Sollen Blechtafeln durch Biegung ein gegliedertes, in ihrer ganzen Längenausdehnung gleichbleibendes Profil bekommen (für Herstellung von Gesimsen, beim Umbiegen der Ränder von Blechgefäßen u. dergl. m.), so läßt sich dieser Zweck ebenfalls mit Hülfe eines aus zwei Walzen bestehenden Walzwerks erreichen, wenn man die Walzenoberflächen dem herzustellenden Profile des hindurchgehenden Blechstreifens entsprechend formt. Fig. 46 stellt das Aeußere eines derartigen Walzwerks für Handbetrieb (Sickenmaschine genannt) dar. Die beiden aus Gußstahl gefertigten profilirten Walzen ragen hier, um leichter ausgewechselt werden zu können, frei an der Vorderseite des gußeisernen Walzenständers heraus; die obere ist mit Hülfe einer Schraube senkrecht verstellbar, damit sie bei stärkeren Biegungen, welche einen mehrmaligen Durchgang des Arbeitsstücks erheischen, der unteren allmälig genähert werden kann; die an der Rückseite des Ständers befindliche Kurbel nebst Getrieben dient für den Antrieb der Walzen.


Fig. 46.



Wie aber beim Strecken der Metalle die Ziehbank im Stande ist, einen ähnlichen Erfolg wie das Walzwerk — nur in längerer Zeit und mit größerem Arbeitsaufwande — hervorzubringen, wobei das Ziehloch die Stelle des Kalibers der Walzen vertritt, so kann sie auch bei der Herstellung profilirter Leisten durch Biegung von Blechtafeln zwischen einem aus zwei entsprechend geformten Stücken bestehenden Zieheisen das soeben beschriebene Walzwerk ersetzen und wird zu diesem Zwecke nicht selten von Blecharbeitern benutzt. Die auf Seite 181 gegebene Abbildung (Fig. 43) einer Ziehbank mit in Verarbeitung befindlicher Blechtafel läßt die Art und Weise dieser Benutzung erkennen.

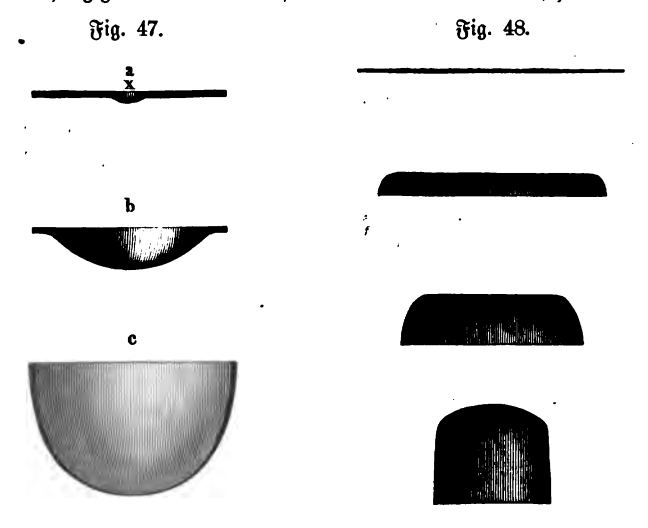
d. Die Erzeugung von Hohlkörpern.

Dieselbe kann in zweierlei Weise bewirkt werden.

Wenn man an irgend einer durch Metall ringsum eingeschlossenen Stelle eines flachen Arbeitsstücks — eines Bleches —, z. B. bei x in Fig. 47 a (a. f. S.), eine Querschnittsverdünnung hervorbringt, sei es durch den Schlag eines Hammers oder in anderer Weise, so sind die Molecüle des Arbeitsstücks, da sie am seitlichen

Ausweichen durch das umschließende Metall gehindert sind, gezwungen, aus der Ebene des Arbeitsstücks um so viel herauszutreten, als es durch die mit der Querschnittsverdünnung nothwendigerweise verbundene Ausdehnung nach der Seite hin bedingt wird; es entsteht eine Vertiefung, eine Beule. Hierdurch ist bereits ein kleiner Hohlkörper oder der Anfang zu einem größeren entstanden. Denn bei fortgesetzter Querschnittsverdünnung wird eine immer tiefere Ausbauchung entstehen; es wird, wenn dieselbe auf eine größere Fläche ausgedehnt wird, ein Hohlkörper wie in Fig. 47 b aus der Arbeit hervorgehen, und wenn sie noch weiter bis an den Rand hin sich erstreckt, so wird schließlich das Gefäß Fig. 47 c entstehen. Das Maß der an jeder einzelnen Stelle eintretenden Ausbauchung, d. h. des Heraustretens aus der ursprünglichen Ebene des Arbeitsstücks, ist hierbei unmittelbar abhängig von der an dieser Stelle bewirkten Querschnittsverdünnung,

Fig. 47. Fig. 48.



und bei Körpern mit symmetrischen Querschnitten wie bei b und c wird daher die Wandstärke vom Rande nach der Mitte zu stetig abnehmen. Je tiefer der Hohlkörper werden soll, desto dicker muß demnach die ursprüngliche Stärke des Arbeitsstücks sein, wenn nicht vorzeitiges Zerreißen an der am weitesten herausgetriebenen Stelle eintreten soll.

Eine solche Arbeit heißt Treiben und besteht in einer nach der tiefsten Stelle hin zunehmenden Querschnittsverdünnung des Arbeitsstücks.

Auch gegliederte und geschweifte Formen mannigfacher Art lassen sich durch Treiben herstellen; und die Art und Weise ihrer Entstehung wird unschwer verständlich sein, wenn man sich vergegenwärtigt, daß jede Querschnittsverdünnung eines von Metall eingeschlossenen Theils eines Arbeitsstücks ein Heraustreten dieses Theils aus seiner Ebene zur Folge haben muß.

Wie dem Strecken das Stauchen, so steht bei der Herstellung von Hohlkörpern dem Treiben das Aufziehen gegenüber. Es besteht in einer Aufbiegung des Randes eines flachen Arbeitsstücks, welche naturgemäß, sofern nicht Faltenbildung

eintreten soll, mit einer Verdickung des Querschnitts, von der tiefsten Stelle an nach dem Rande hin zunehmend, verbunden sein muß. Fig. 48 stellt diesen Vorgang schematisch dar. Noch deutlicher wird man ihn sich vielleicht vergegenwärtigen können, wenn man versucht, eine ausgeschnittene Scheibe Papier in eine Höhlung von kleinerem Durchmesser, das Innere eines Ringes, eines Gefäßes oder dergleichen, hineinzudrücken. Das Papier wird Falten schlagen, die um so größer sind, je beträchtlicher der Unterschied in den Durchmessern oder, was dasselbe ist, je tiefer der entstehende Hohlkörper ist. Diese Faltenbildung wird vermieden werden können, wenn man statt des wenig dehnbaren Papiers ein dehnbares Material verwendet und — bei starker Zusammendrückung — die Formveränderung in verschiedenen Uebergangsstadien mit immer kleiner werdenden Durchmessern bei zunehmender Tiefe ausführt. Statt der Faltenbildung tritt dann eine gleichmäßige Verschiebung der Molecüle über einander, eine nach dem Rande des Arbeitsstücks zunehmende Anhäufung derselben, gleichbedeutend mit einer Verdickung des Querschnitts, ein.

Naturgemäß geht, wie schon erwähnt, mit dem Aufziehen eine Verkleinerung des Durchmessers der Arbeitsstücke Hand in Hand, während beim Treiben der Durchmesser unverändert bleibt oder, falls auch der Rand in seiner Form geändert (geschweift ꝛc.) wird, eine Vergrößerung erfährt.

Nicht selten werden bei demselben Gegenstande beide Arbeiten, das Treiben und das Aufziehen, wechselsweise angewendet, theils um allzu bedeutende Querschnittsänderungen zu vermeiden, theils auch, um besondere Gliederungen der Profile hervorzubringen.

Zur Ausführung der Arbeit können verschiedenartige Geräthe benutzt werden. Häufig findet der Hammer für diesen Zweck Verwendung. Derselbe, obwohl in seiner Wirkung verhältnißmäßig langsam, ermöglicht doch eine Mannigfaltigkeit der Formen der herzustellenden Arbeitsstücke, wie kein anderes Geräth; und die herrlichen, in Gold oder Silber getriebenen Kunstwerke, den Schmuck so mancher Kunstsammlung, verdanken wir ausschließlich der Anwendung des Hammers. Bei der Anfertigung solcher zarten Gegenstände, wie der soeben genannten, läßt man den Schlag des Hammers nicht unmittelbar auf das Arbeitsstück fallen, sondern man setzt auf die betreffende Stelle ein in der Hand geführtes Stahlstäbchen mit entsprechend gestalteter (flacher, halbkugelförmiger oder dergleichen) Fläche und führt nun mit der anderen Hand auf dieses, welches P u n z e n genannt wird, den Schlag. Größere Gegenstände dagegen werden unmittelbar mit dem Hammer bearbeitet, dem man, sofern er zum Treiben dienen soll, eine rüsselartige Form mit verschieden gestalteter schmaler Endfläche giebt. Fig. 49 (a. f. S.) stellt z. B. einen von Wasserkraft getriebenen, zur Herstellung größerer kupferner Kessel dienenden Treibhammer dar.

Zum Aufziehen (Aufbiegen des Randes) bedient man sich häufig hölzerner Hämmer, da durch die Schläge eiserner Hämmer leicht Eindrücke auf der Oberfläche des Arbeitsstücks entstehen könnten. Eine Unterlage (Lehrform, Schablone, Modell), gewöhnlich aus Gußeisen, deren Umrisse den inneren Abmessungen des herzustellenden Hohlkörpers entsprechen, pflegt zur Erleichterung der Arbeit benutzt zu werden. Um z. B. die Feuerbüchsenplatte eines Locomotivkessels (Figur 50)

durch Aufziehen des Randes herzustellen, benutzt man die im Durchschnitte gezeichnete gußeiserne Lehrform. Das Blech *a* wird, nachdem es zuvor rothwarm

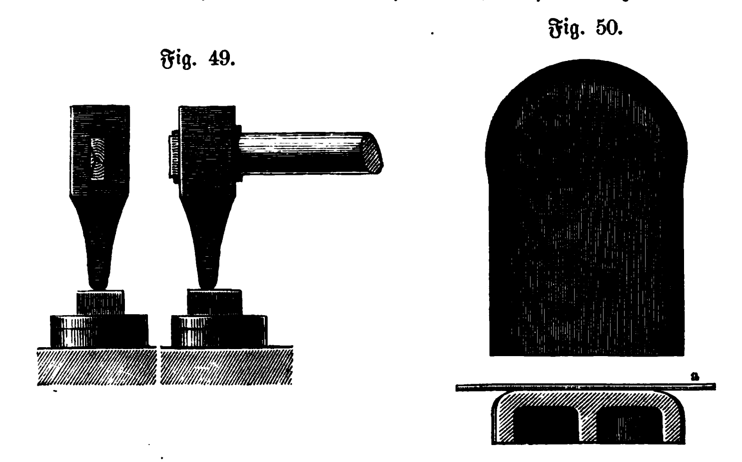


Fig. 49. Fig. 50.

gemacht worden war, horizontal auf die Lehrform gelegt und nun der Rand desselben rings herum durch eine größere Zahl Arbeiter gleichzeitig mit den Holzhämmern bearbeitet, dadurch allmälig umgebogen und durch das Umbiegen entsprechend verdickt. Das Umbiegen erfolgt vorläufig nur um einen verhältnißmäßig kleinen Winkel, worauf das Blech erst neu erhitzt wird. Diese Arbeit wird so oft wiederholt, bis die ganze Umbiegung vollendet ist; dann wird die Platte umgewendet und auf der Oberfläche der Lehrform durch Aufschlagen mit den Holzhämmern gerade gerichtet.

Die Arbeit zahlreicher Hammerschläge läßt sich jedoch auch beim Treiben und Aufziehen mitunter vortheilhaft durch einen einzigen kräftigen Druck einer Presse, ja mitunter auch durch wenige kräftige Schläge eines schwereren Hammers (Fallwerks) ersetzen, sofern bei einer fabrikmäßigen Anfertigung zahlreicher gleicher Gegenstände ein concaver Stempel und eine dazu passende convexe Matrize (oder umgekehrt), zwischen welche das Arbeitsstück gepreßt wird, die Form des entstehenden Profils begrenzen. Man pflegt eine derartige Arbeit, d. h. die Erzeugung hohler Formen mit Hülfe von Stempel und Matrize, S t a n z e n oder P r ä g e n zu nennen.

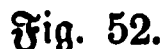
Wo aber starke Formveränderungen nothwendig sind, oder ein wenig dehnbares Metall verarbeitet werden soll, ist auch hierbei oft eine größere Zahl verschiedener Arbeitsstadien, d. h. allmäliger Uebergänge in der Form, und mithin ebenso viele verschiedene Stempel und Matrizen nothwendig. Dadurch würde das Verfahren kostspieliger als das Hämmern ausfallen, wenn nur wenige Gegenstände mit demselben Profile zu fertigen sind. Der Umstand aber, daß naturgemäß eine Ausbauchung bei dieser Art der Verarbeitung nur in der Bewegungsrichtung des Stempels erfolgen kann, und deshalb sogenannte unterschnittene Formen, deren Profil auch seitlich sich ausbaucht, auf diese Weise nicht hergestellt werden können, beschränkt die Mannigfaltigkeit der mit Hülfe von Matrizen her-

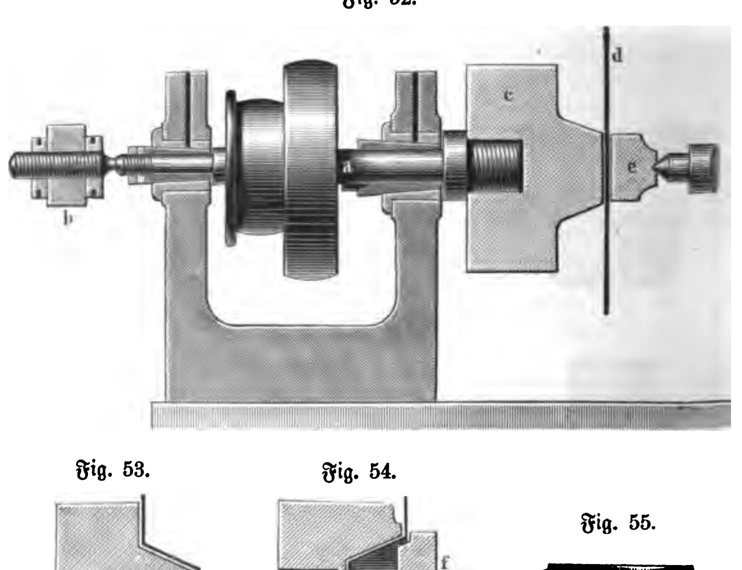
ustellenden Formen auf ein geringeres Maß als beim Treiben und Aufziehen mit dem Hammer ohne Matrizen, wobei diese Beschränkung wegfällt. Trotzdem st die Anwendung dieses Verfahrens außerordentlich häufig; und nur mit Hülfe esselben ist es möglich, profilirte Gegenstände zu den niedrigen Preisen herzustellen, welchen wir im Verkehre begegnen, sofern nur der Bedarf an den Gegenständen groß genug ist, um eine Massenanfertigung zuzulassen. Man fertigt auf diese Weise Schmucksachen aus Gold, Silber, Neusilber u. dergl., Schalen, Gefäße, Teller, oft mit künstlerisch ausgeführten Reliefdarstellungen bedeckt, aus Neusilber, Messing und selbst Eisen, Ornamente mannigfacher Art aus Zinkblech; Dampfkesselböden, welche in der oben beschriebenen Weise durch Aufziehen mit Holzhämmern bei wiederholt nothwendig werdenden Erhitzungen in verhältnißmäßig langer Zeit gefertigt werden, lassen sich unter dem Drucke einer hydraulischen Presse in einer einzigen Hitze binnen wenigen Secunden herstellen; Kupferröhren werden aus einer kreisrunden Scheibe mit Loch in einer Reihe von Uebergangsstadien, wie es Fig. 51 schematisch darstellt, mit Hülfe von immer enger werdenden Stempeln und Matrizen allmälig in Rohrform gepreßt (wobei die Wandstärke sich mehr und mehr verdickt) und schließlich auf der Ziehbank zu größerer Länge ausgezogen; u. s. f.

Fig. 51.

Sollen jedoch hohle Rotationskörper hergestellt werden, so kann man sich mit Vortheil eines eigenthümlichen Verfahrens bedienen, welches man D r ü c k e n nennt. Es ist dazu eine Drehbank erforderlich, auf deren umlaufender Spindel ein sogenanntes „Futter“ aus hartem Holze befestigt wird, welches die Umrisse des herzustellenden Gegenstandes enthält. Dasselbe ist entweder concav, so daß seine Innenfläche dem Profile des zu fertigenden Stücks entspricht, oder es ist convex mit entsprechend geformter Außenfläche. Das umzuformende Blech (Gold, Silber, Messing, Neusilber u. a. m.) wird vor dem Futter befestigt und mit demselben in raschen Umlauf versetzt; währenddem drückt man dasselbe mit Hülfe eines entsprechend geformten Stahls mit glatter rundlicher Fläche (Drückstahl genannt) allmälig in das Futter hinein beziehentlich um dasselbe herum, bis es sich vollständig an dasselbe angelegt und somit dasselbe Profil wie dieses angenommen hat. Ist die Form dieses Profils derartig, daß das gedrückte Arbeitsstück sich nicht ohne Weiteres von oder aus dem Futter ablösen läßt, so zerlegt man letzteres in mehrere Theile, welche während

der Arbeit durch Verleimung oder in anderer Weise verbunden sind, nach der Arbeit aber eine Zerlegung und solcherart das Ablösen des Arbeitsstücks gestatten. Auch beim Drücken sind nicht selten, wenn tiefgreifende Formveränderungen hervorgebracht werden sollen, mehrere Uebergangsstadien mit anderen Futtern erforderlich; und, da die Arbeit selbstverständlich nur mit kalten Metallen ausgeführt wird, so muß ein um so öfter wiederholtes Ausglühen des Arbeitsstücks stattfinden, je rascher das Material seine Dehnbarkeit verliert. Die Figuren 52 bis 55 mögen den Vorgang des Drückens eines einfach geformten Gegenstandes veran-


Fig. 52.



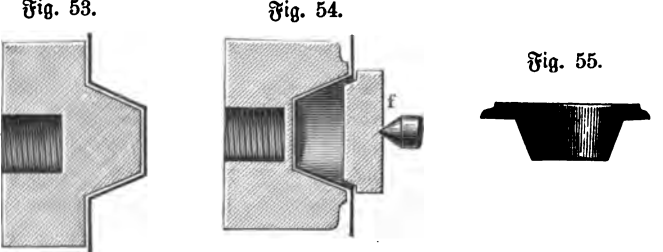


Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55.

schaulichen. Fig. 55 stellt das herzustellende Gefäß dar (Einsatz zu einer Baie oder dergleichen); Fig. 52 den sogenannten Spindelstock der Drehbank, d. h. das Doppellager für die Drehbankspindel *a*, auf welcher die Antriebsstufenscheibe sich befindet. An der linken Seite wird die Drehbankspindel, welche mit überschobenen Stahlkegeln in entsprechend geformten Lagerpfannen des Spindelstocks läuft, durch eine Schraube, welche durch einen gußeisernen Quersteg *b* hindurchgeht, mit doppelter Schraubenmutter (vor und hinter dem Querstege) in ihrer Lage festgehalten. An der rechten Seite endigt die Drehbankspindel in dem mit Schraubengewinde versehenen Spindelkopfe, auf welchen das Holzfutter *c* aufgeschraubt wird. *d* ist die kreisrunde Blechscheibe, aus welcher der Gegenstand gedrückt werden soll; sie wird durch den aus Holz gedrechselten „Vorsetzer“ *e* in ihrer Lage festgehalten.

welcher mit Hülfe der horizontal verschiebbaren Spitze des auf der Drehbank dem Spindelstocke gegenüberstehenden Reitstocks oder Spitzenstocks gegen die Scheibe gepreßt wird und mit ihr umläuft. Mit Hülfe des Drückstahls wird nun, während die Drehbanksspindel mit Futter, Arbeitsstück und Vorsetzer sich rasch dreht, die Blechscheibe allmälig auf das Futter aufgezogen; Fig. 53 stellt das letztere mit aufgezogenem Arbeitsstücke dar. Zur Ausbildung des geschweiften Randes ist nunmehr ein zweites Futter, Fig. 54, erforderlich, in welches das Arbeitsstück sich in umgekehrter Lage als vorher hineinlegt, während es wiederum durch einen Vorsetzer *f* beim Drehen festgehalten wird.

Das Drücken hat vor dem Treiben und Aufziehen mit Hülfe des Hammers den Vortheil einer kürzeren Zeitdauer und größerer Sicherheit; vor dem Pressen in Matrizen aber zeichnet es sich dadurch aus, daß auch „unterschnittene“ Profile sich mit Hülfe desselben herstellen lassen, während die benutzten Hülfsmittel erheblich einfacher sind als bei jenem. Eine Drehbank mit Fußtritt, einige Drückstähle und die auf der Drehbank selbst mit Leichtigkeit gefertigten Holzfutter bilden den ganzen Apparat, dessen der Arbeiter bedarf, um Gegenstände mit oft reich gegliederten Profilen zu erzeugen.

e. Das Punzen und Prägen.

Bei den soeben beschriebenen Arbeiten wurden als Folge einer Querschnittsänderung — Verdünnung nach der Mitte zu oder Verdickung des Randes — aus flachen Arbeitsstücken (Blechen) Gegenstände hergestellt, welche auf der einen Seite concave, auf der anderen convexe Flächen zeigten. Etwas anders gestaltet sich der Vorgang, wenn entweder die Dicke des Arbeitsstücks eine solche ist, daß das Ausweichen der Molecüle, welches auf der Rückseite dünner Arbeitsstücke jene convexen Hebungen hervorruft, nicht mehr durch den ganzen Querschnitt hindurch stattfindet, oder, was im Grunde das Nämliche ist, wenn eine starre Unterlage des in seiner Lage festgehaltenen Arbeitsstücks jenes Hervortreten erhabener Flächen auf der Rückseite unmöglich macht. In beiden Fällen kann sich die Einwirkung des Werkzeugs nur noch durch eine entsprechende Verdichtung der zunächst gelegenen Theile und insbesondere durch das Hervortreten seitlicher Erhabenheiten an der Oberfläche des Arbeitsstücks — nicht an der Rückseite — bemerkbar machen.

Als hauptsächlichstes Werkzeug für Handarbeit zu solchen Zwecken finden wir wieder den Hammer nebst Punzen, eines schon beim Treiben erwähnten Stahlstäbchens; und die Arbeit mit demselben wird Ciseliren genannt. Sie findet häufige Anwendung zur Hervorbringung feiner Linien und Ornamente sowie zum Nacharbeiten von Gußstücken in Bronze, Messing und anderen Metallen.

Kommt es jedoch vor, daß eine und dieselbe Zeichnung, Inschrift oder dergleichen öfter wiederkehrend angebracht werden muß, so benutzt man mit großem Vortheile solche Punzen, welche die Zeichnung, Buchstaben ꝛc. in umgekehrter Anordnung auf ihrer Endfläche tragen und sie, wenn sie durch einen Hammerschlag in die Metalloberfläche eingetrieben werden, dort in vollkommener Ausbildung wiedergeben. Bekannt sind die Zahlen- und Buchstabenpunzen für Ziffern und

Inschriften; aber auch Ornamente, Wappen und dergleichen lassen sich durch einen geeigneten Punzen auf einer Metalloberfläche anbringen. Am leichtesten gelingt hierbei die Herstellung, wenn die betreffende Figur auf dem Punzen erhaben, auf dem Arbeitsstücke vertieft erscheint und das Metall also bei Entstehung des Eindrucks rings um den Rand des Punzens herum gewissermaßen herausgequetscht wird; es gelingt aber auch, erhabene Figuren und Inschriften (Reliefs) durch einen Punzen mit vertiefter Zeichnung herzustellen, wobei das Metall rings um die Zeichnung her zusammengedrückt und so gezwungen wird, nach der Vertiefung der Punzenoberfläche hin auszuweichen, diese als erhabenen Abdruck wiedergebend.

Je größer aber die Fläche der herzustellenden Eindrücke ist, je tiefer und schärfer dieselben im Metalle hervortreten sollen, desto größer muß die Intensität der anzuwendenden Kraft sein; und es tritt eine Grenze ein, wo Handarbeit nicht mehr ausreicht oder doch die Arbeit erheblich verzögern würde. Wenn also fabrikmäßig die Oberfläche einer großen Anzahl von Arbeitsstücken mit denselben Abdrücken versehen werden soll — man erinnere sich an die Anfertigung von Münzen und Medaillen, welche in älterer Zeit gleichfalls mit dem Hammer „geschlagen" wurden —, so wendet man statt des Hammers wiederum eine Presse an, welche durch einen einzigen kräftigen Druck die Formgebung ausführt. Der Punzen wird zum Stempel und die Arbeit heißt Prägen im engeren Sinne (auch die Herstellung hohler Körper mit Hülfe eines Stempels und einer Matrize wird, wie oben erwähnt, Prägen genannt). Giebt man hierbei, wie z. B. bei dem Prägen der Münzen, auch der starren Unterlage des Arbeitsstücks eine mit erhabenen oder vertieften Zeichnungen versehene Oberfläche, so drücken sich dieselben auf der unteren Seite des Arbeitsstücks in derselben Weise ab als die Zeichnungen des Stempels auf der oberen, und man kann demnach durch einen einzigen Druck beide Seiten gleichzeitig bearbeiten.

Unter den hierfür angewendeten Maschinen finden wir ausschließlich die schon oben erwähnten. Die senkrechte Schraubenspindel mit steilem Gewinde und langem Schwengel mit Schwungkugeln bildete lange Zeit die allein benutzte Maschine zum Prägen von Münzen, ist jedoch in neuerer Zeit vielfach durch die Hebelpresse ersetzt worden; auch Excenterpressen oder hydraulische Pressen sind für andere Zwecke in Anwendung.

III. Literatur.

1) Größere Werke.

a. Ueber mechanische Verarbeitung der Metalle im Allgemeinen.

Karl Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie. Fünfte Auflage. Erster Band. Hannover 1875.

Egbert Hoyer, Lehrb. d. vergleichenden mechanischen Technologie. Wiesbaden 1878.

A. Ledebur, Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege. Braunschweig 1877.

b. Ueber Gießerei.

C. F. Dürre, Wissenschaftlich-technisches Handbuch des gesammten Gießereibetriebes. In zwei Bänden. Leipzig 1875.

F. W. Abbaß, Handbuch der Metallgießerei. Weimar 1875.

N. E. Spretson, A practical treatise on Casting and Founding. London and New-York 1878.

A. Ledebur, Das Roheisen mit besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Eisengießerei. Zweite vollständig umgearbeitete Auflage. Leipzig 1879.

2) Abhandlungen in Zeitschriften.

a. Ueber Schmelzbarkeit.

M. L. Gruner, Chaleur absorbée aux temperatures elevées par les mattes, le cuivre, le plomb et diverses scories en fusion. Annales des mines, serie 7, tome 8, p. 160; auszugsweise in Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1874.

b. Ueber Schwindung.

C. Schott, Ueber das Schwimmen des festen Eisens auf flüssigem. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1864, S. 209; Polytechnisches Centralblatt 1872, S. 263.

A. Ledebur, Die Schwindung der Metalle, insbesondere des Gußeisens. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 1.

A. Ledebur, Die Ausdehnung des erstarrenden Gußeisens, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1875, S. 176; Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 217, Seite 244.

A. Ledebur, Dichter Guß. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1874, S. 357.

c. Ueber Gasentwickelung aus flüssigen Metallen.

W. Hampe, Beiträge zur Metallurgie des Kupfers. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate, Bd. 22, S. 132 (Theorie des Steigens und Ueberpolens).

W. Odling, Absorption der Gase durch Metalle. Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 188, S. 130; Polytechn. Centralblatt 1868, S. 819 (aus Les Mondes, tome XVI, p. 208).

M. L. Cailletet, Recherches sur les gaz contenus dans la fonte et l'acier à l'état de fusion. Comptes rendus tome 61, p. 850; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 179, S. 208.

M. Caron, De l'absorption de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone par le cuivre en fusion. Comptes rendus, tome 63, p. 1129; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 183, S. 384; Polyt. Centralblatt 1867, S. 573.

M. H. Caron, Sur la dissolution des gaz reducteurs par le fer et les carbures de fer en fusion. Comptes rendus, tome 70, p. 451; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 196, S. 126; Polytechn. Centralblatt 1870, S. 451.

L. Troost et P. Hautefeuille, Recherches sur la dissolution des gaz dans la fonte, l'acier et le fer. Comptes rendus, tome 76, p. 482 et 562; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 208, S. 331; Polytechn. Centralblatt 1873, S. 698.

A. Ledebur, Ueber die Gasentwickelung aus dem flüssigen Roheisen. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1873, S. 365.

A. Ledebur, Untersuchungen über Gußeisen. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1878, S. 321.

F. C. G. Müller, Ueber die Gasausscheidungen in Bessemergüssen. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1879, S. 494; Zeitschr. des Berg- und hüttenmännischen Vereins für Steiermark und Kärnten 1879, S. 427.

F. C. G. Müller, Ueber den Wasserstoff- und Stickstoffgehalt im Eisen und Stahl. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1881, Seite 6; Zeitschr. des berg- und hüttenmännischen Vereins für Steiermark und Kärnten 1881, Seite 74.

d. Ueber Schmelzöfen und Schmelzen.

A. Ledebur, Ueber Cupolöfen. Civilingenieur, Bd. 13, Heft 8.

A. Ledebur, Ueber Gießereiroheisen. Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen auf das Jahr 1880, S. 1. (Enthält Untersuchungen über die chemischen Veränderungen, welche das Gußeisen beim Schmelzen in Cupolöfen erleidet.)

F. Fischer, Ueber Cupolöfen. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 231, S. 36.

Wagner, Ueber den Bau von Gußflammöfen und deren Betrieb. Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1857, S. 115.

Sonstige Notizen über neuere Schmelzofenconstructionen finden sich in folgenden Zeitschriften:

Dingler's Polyt. Journal, Bd. 229, S. 107 (Piat's Tiegelschmelzofen); Bd. 224, S. 401 (Cupolofen); Bd. 218, S. 490 (Cupolofen).

Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1878, S. 149 (Cupolofen).

Praktischer Maschinenconstructeur 1878, S. 309 (Tiegelofen), 1876, S. 189 (Flammofen), 1875, S. 161 (Flammofen), 1874, S. 343 (Tiegelofen).

Iron, vol. XI, p. 456 (Große Cupolöfen); vol. XIII, p. 581 (Piat's Tiegelofen).

e. Ueber Gußformen und Förmerei.

C. Blum, Sachliche Würdigung der in Deutschland ertheilten Patente. Gießerei und Formerei. Zeitschr. z. Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen 1880, S. 179 und 481.

W. Gofferjé, Die Schablonenförmerei. Praktischer Maschinenconstructeur 1879 (auch als Separatabdruck).

f. Ueber Dehnbarkeit.

Levol, De l'influence du bismuth sur la ductilité de cuivre. Bulletin de la Société d'Encouragement 1853, p. 746; Verhandlungen des Vereins z. Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen 1854, S. 83; Polytechnisches Centralblatt 1854, S. 863.

Peligot, Sur les alliages employés pour la fabrication des monnaies. Bulletin de la Société d'Encouragement 1874, p. 229; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 213, S. 50.

W. Hampe, Beiträge zur Metallurgie des Kupfers. Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate, Bd. 22, S. 93. Eine sehr lehrreiche, auf zahlreiche Versuche gestützte Abhandlung über die Einflüsse, welche Blei, Wismuth, Antimon, Arsen und andere Körper auf die Dehnbarkeit des Kupfers ausüben.

A. Ledebur, Dehnbare Metalle. Centralzeitung für Optik und Mechanik 1881, S. 67.

g. Ueber Erhitzungsapparate.

A. Pütsch, Sachliche Würdigung der in Deutschland ertheilten Patente. Gasfeuerungen. Zeitschr. d. Vereins z. Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen 1880, S. 445.

Sonstige Notizen:

Ueber Schmiedefeuer: Dingler's Polyt. Journal, Band 232, S. 117; Band 229, S. 313; Bd. 221, S. 81 u. 115; Prakt. Maschinenconstructeur 1874, S. 318; Deutsche Industriezeitung 1876, S. 242.

Ueber Schweiß- und Glühöfen: Wiebe, Skizzenbuch 1875, Heft 5, Blatt 6; 1867, Heft 1, Blatt 4 u. 5. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 219, S. 220; Bd. 218, S. 303, 524. Bayerisches Gewerbeblatt 1878, S. 300.

h. Ueber Hämmer, Pressen, Walzwerke, Ziehbänke, sowie das Arbeitsverfahren.

Notizen über neuere Hämmer. Dingler's Polyt. Journal, Band 236, S. 198; Bd. 229, S. 235, 408, 502; Bd. 227, S. 343, 426, 524; Bd. 220, S. 404; Bd. 215, S. 397; Bd. 213, S. 286. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1877, S. 229.

Notizen über neuere Walzwerke: Dingler's Polyt. Journal, Band 236, S. 201; Bd. 233, S. 104; Bd. 232, S. 183; Bd. 229, S. 106, 317; Bd. 227, S. 143; Bd. 223, S. 376. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1880, S. 383. Zeitschr. d. berg- und hüttenmännischen Vereins für Steiermark und Kärnten 1881, S. 14, 125; 1880, S. 7, 19, 362; 1878, S. 216, 326. Zeitschr. d. Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen 1881, S. 152; 1880, S. 227 (Drahtwalzwerke). Oesterreichische Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1875, Nr. 44; 1872, S. 49.

H. Skála, Messingdraht und dessen Fabrikation. Metallarbeiter 1880, S. 323, 345, 353, 410.

Ueber Drücken: Scientific American, vol. 41, p. 95 (mit Abbildungen). Metallarbeiter 1880, S. 5, 146 (desgl.).

Dritter Abschnitt.

Die Verbindung der Theile.

1) Allgemeines.

Der Fall, daß mehrere für sich angefertigte Theile zu einem Ganzen als Gebrauchsgegenstand verbunden werden müssen, ist sehr häufig. Die Ursache hierfür wird vielfach durch den Umstand gegeben, daß die Anfertigung aus einem einzigen Stücke schwieriger sein würde, als aus mehreren, oft gar unmöglich; oder daß verschiedene Metalle neben einander in dem fertigen Gegenstande erscheinen sollen; u. a. m. Sieht man von den, allerdings sehr häufig angewendeten, rein mechanischen Verbindungsweisen (Schrauben, Nieten, Falzen ꝛc.) ab, so stützen sich die hierher gehörigen Verbindungen vorwiegend auf zwei einander sehr nahe verwandte physikalische Eigenschaften der Körper, insbesondere auch der Metalle: Cohäsion und Adhäsion.

Unter **Cohäsion** versteht man bekanntlich diejenige, zwischen den benachbarten Molecülen eines Körpers wirksame Kraft, welche ein Zusammenhalten dieser Molecüle in ihrer Lage anstrebt; sie hört auf, wenn durch mechanische Einwirkungen eine Entfernung der Molecüle von einander über ein gewisses, von der Beschaffenheit des Körpers abhängiges Maß hinaus bewirkt wird. Es tritt dann Bruch oder Zerreißung ein. Umgekehrt läßt sich die Cohäsionskraft zwischen zwei getrennten Stücken des gleichen Materials wieder in Wirksamkeit setzen, wenn es gelingt, eine Näherung der Molecüle an der Trennungsfläche bis zu jenem normalen Maße herbeizuführen, welches bei dem ungetheilten Körper vorhanden ist.

So einfach es nun auch vielleicht erscheinen mag, diese Bedingung zu erfüllen und somit eine Verbindung verschiedener Stücke desselben Körpers (Metalls) zu einem Ganzen herbeizuführen, so große Schwierigkeiten setzen sich thatsächlich einer derartigen Vereinigung entgegen.

Denn es ist erstens unmöglich, mit den uns zu Gebote stehenden mechanischen Hülfsmitteln zwei ganz genau auf einander passende Flächen der zu verbindenden Theile, so lange sich dieselben im starren Zustande befinden, herzustellen.

Auch auf den mit den feinsten Schleifmitteln bearbeiteten Flächen finden sich noch erhabene und vertiefte Stellen, die ein genaues Aufeinanderschließen verhindern. Es wird also auch im günstigsten Falle immerhin nur zwischen einzelnen der genäherten Molecüle Cohäsion eintreten können, und die Festigkeit an der Verbindungsstelle wird verhältnißmäßig gering bleiben. Daß aber thatsächlich bei ausreichender Näherung theilweise Cohäsion hervorgerufen wird, läßt sich beweisen, wenn man zwei genaue Spiegelflächen auf einander legt; es ist dann bisweilen nicht mehr möglich, eine Trennung derselben ohne Zerbrechen herbeizuführen. Weit weniger genau als Spiegelflächen würden solche Flächen auf einander schließen, welche durch eine Trennung eines ganzen Stücks in einzelne Theile entstanden sind; denn diese Trennung mag durch Zerbrechen, Zerreißen, Schneiden oder auf anderem Wege herbeigeführt sein, immer sind dabei Formveränderungen auf den Trennungsflächen unvermeidlich, die ein späteres genaues Zusammenpassen unmöglich machen.

Diese Schwierigkeit der Vereinigung zweier Theile durch Benutzung der Cohäsionskraft läßt sich in manchen Fällen umgehen, wenn der betreffende Körper bildsam ist oder doch sich durch Erwärmung in einen bildsamen Zustand versetzen läßt. Drückt man nun in diesem bildsamen Zustande des Körpers die zu vereinigenden Flächen kräftig gegen einander, so werden sie gezwungen, ihre Form genau einander anzupassen und das besprochene Hinderniß der Vereinigung kommt in Wegfall. So sehen wir, wie das Wachs, Harze, Glas, manche Metalle sich durch Zusammendrücken verbinden lassen, sobald sie durch Erwärmung in einen ausreichend bildsamen Zustand versetzt worden sind, um das Zusammendrücken ohne Zertrümmerung zu ertragen. Durch noch höher gesteigerte Erhitzung aber geht der bildsame Zustand schließlich in den flüssigen über; und thatsächlich läßt sich bei manchen Metallen, deren Dehnbarkeit (Bildsamkeit) durch Erwärmung nicht oder in nicht genügendem Maße gesteigert werden kann, noch eine Vereinigung bewirken, wenn der eine der beiden Theile im flüssigen Zustande mit dem anderen derartig in Berührung gebracht wird, daß einer innigen Näherung der Molecüle nichts im Wege steht.

Ein ganz ähnlicher Vorgang zeigt sich auch, wenn man feingepulverte Körper in einer geschlossenen Form einem hohen Drucke aussetzt. Professor W. Spring bediente sich zu derartigen Versuchen eines aus Stahl gefertigten Hohlcylinders von 38 mm Durchmesser im Innern, in welchem vermittelst eines ausreichend langen Hebels ein Kolben bewegt wurde, so daß man im Stande war, den letzteren unter einem Drucke bis zu 25 250 Atm. gegen den im Cylinder eingeschlossenen Körper zu pressen. Es gelang auf diese Weise Blei, Wismuth, Zinn, Zink, Aluminium, Kupfer, Antimon, Platin sowie verschiedene nichtmetallische Körper unter Anwendung eines Druckes von 2000 bis 7000 Atm. (nach der Beschaffenheit des Körpers verschieden) zu vollständig compacten Massen zusammenzupressen.

Zweitens stellt sich in nicht seltenen Fällen jener Vereinigung verschiedener Theile durch Näherung der Molecüle auch die Schwierigkeit entgegen, vollständig reine Berührungsflächen zu erhalten. Denn sobald irgend ein fremder Körper, und sei es auch nur in winzig kleinen Mengen, sich zwischen den zu verbindenden

Theilen befindet, kann natürlicherweise Cohäsion nicht eintreten; und selbst dann, wenn dieser fremde Körper die Fähigkeit besitzen sollte, an den Verbindungsflächen zu haften (Adhäsion), wird die Festigkeit der Verbindung doch nicht die normale, sondern von der Festigkeit dieses fremden Körpers und seines Anhaftens abhängig sein, welche bei den zufällig auftretenden fremden Körpern (Fett, Oxyden u. a.) gewöhnlich sehr gering ist. Nun läßt sich zwar auf mechanischem oder chemischem Wege bei ausreichender Sorgfalt eine ziemlich vollständige Reinigung der Verbindungsflächen fast immer bewirken; viele Körper, insbesondere Metalle, aber besitzen die Eigenschaft, wenn sie der Luft ausgesetzt sind, sich rasch mit einer Decke oxydirter Producte zu überziehen; und diese Eigenschaft nimmt gewöhnlich beträchtlich zu, wenn aus den oben erörterten Gründen eine Erhitzung nothwendig ist, um die Verbindung zu vollziehen. Blankes Eisen überzieht sich schon bei 200° C., also einer Temperatur weit unterhalb derjenigen, welche für den die Vereinigung zweier Stücke ermöglichenden, bildsamen Zustand nothwendig ist, mit einem dünnen Häutchen von Oxyd, es „läuft an“, und diese Oxydbildung nimmt an Geschwindigkeit wie an Stärke mit der Temperatur zu; in der für die Verbindung nothwendigen Temperatur findet sie so außerordentlich rasch statt, daß eine zuvorige Reinigung zwecklos sein würde. Aehnlich wie das Eisen verhalten sich manche andere Metalle. Es kommt also in solchen Fällen darauf an, die Entfernung der Oxyde erst im Augenblicke der Vereinigung zu bewirken, wenn die Fuge bereits geschlossen und der Luftzutritt dadurch abgehalten ist; und diese Entfernung läßt sich offenbar alsdann nur noch durch Verflüssigung der Oxyde und Ausquetschen aus der Fuge — in einzelnen Fällen auch durch Verflüchtigung unter chemischer Umwandlung in verdampfungsfähige Producte — erreichen. Die hierfür angewendeten Kunstgriffe werden bei der Beschreibung der einzelnen Methoden der Verbindung ausführlichere Besprechung finden.

Drittens aber wirkt zweifellos in sehr vielen Fällen die Gashülle, mit welcher die festen Körper, dieselbe verdichtend, sich umgeben, ganz ähnlich als Oxyde und andere fremde Ueberzüge; denn so lange diese Gasschicht zwischen den zu vereinigenden Flächen nicht entfernt wird, kann eine Cohäsion zwischen den Molecülen nicht herbeigeführt werden. In manchen Fällen läßt sich das Mißlingen der Vereinigung nur durch die Anwesenheit dieser Gashülle erklären; und das durch dieselbe gegebene Hinderniß ist um so schwieriger zu beseitigen, als man die Natur und Eigenschaften dieser Gashüllen noch verhältnißmäßig wenig erforscht hat. Druck und Erhitzung dürften die Entfernung derselben befördern, also auch in dieser Beziehung die Verbindung erleichtern.

Adhäsion ist die zwischen den Molecülen verschiedenartiger Körper bei ausreichender Näherung derselben in Wirksamkeit tretende Kraft, welche ein Zusammenhaften jener Körper bewirkt. Die Intensität derselben, d. h. die Festigkeit der durch Adhäsion hervorgerufenen Verbindung, ist bei verschiedenen Körpern sehr abweichend; während einzelne Stoffe mit Leichtigkeit an den meisten anderen haften und oft sehr feste Verbindungen mit denselben lediglich auf Grund ihrer Adhäsion eingehen, zeigen andere geringe Neigung zu adhäriren oder lösen sich leicht wieder ab. Im Allgemeinen haften ähnliche Stoffe (z. B. Metalle) leichter an einander als unähnliche (Metall und Holz), zwischen denen aus diesem Grunde, damit eine

Verbindung hervorgerufen werde, nicht selten ein dritter Körper als sogenanntes Bindemittel eingeschaltet werden muß (Kitt, Leim u. a.).

Die zur Hervorrufung einer Adhäsionsverbindung zwischen verschiedenen Metallen zu erfüllenden Bedingungen sind im Wesentlichen die nämlichen, welche oben für Verbindung zwischen gleichartigen Theilen als nothwendig bezeichnet und näher besprochen wurden: genaues Aufeinanderschließen der zu verbindenden Flächen, welches bei bildsamen oder durch Erhitzung bildsam gemachten Metallen durch Zusammenpressen zu erreichen ist, in anderen Fällen auch wohl durch Verflüssigung des einen der beiden in Berührung gebrachten Metalle bewirkt wird; Reinheit der zu verbindenden Flächen von fremden Körpern; Entfernung der Gashülle, welche die Körper umschließt.

2) Das Schweißen.

Man versteht unter diesem Ausdrucke eine Verbindung mehrerer Stücke desselben Metalls durch Zusammenpressen in höherer Temperatur; im weiteren Sinne auch wohl jede derartige Vereinigung durch Druck ohne Rücksicht auf die dabei angewendete Temperatur (z. B. das oben besprochene Zusammenpressen pulverförmiger Körper nach W. Spring's Verfahren).

Am häufigsten unter allen Metallen wird das **Eisen** durch Schweißung verbunden. Je höher nun der Kohlenstoffgehalt des Eisens ist, desto größer ist seine Härte im kalten Zustande, desto niedriger liegt seine Schmelztemperatur, desto plötzlicher findet der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand statt, desto weniger bildsam wird es vor dem Schmelzen. Hieraus erklärt es sich, daß das Eisen im Allgemeinen um so leichter schweißbar ist, je niedriger sein Kohlenstoffgehalt ist. Kohlenstoffarmes Schmiedeeisen wird in einer Temperatur mit Leichtigkeit geschweißt, in welcher der Stahl bereits flüssig ist; je höher dessen Kohlenstoffgehalt ist, desto niedrigere Schweißtemperatur muß angewendet werden; Stahl mit etwa 2 Proc. Kohlenstoff und darüber sowie alles Roheisen ist überhaupt nicht schweißbar und auch Stahlsorten, deren Kohlenstoffgehalt über 1 Proc. hinausgeht, sind nur noch mit großer Vorsicht schweißbar.

Seit Einführung der neueren Processe zur Darstellung von Flußeisen (Bessemer- und Martinproceß) hat sich ergeben, daß auch das im flüssigen Zustande gewonnene schmiedbare Eisen häufig weniger leicht schweißbar ist, als Puddel- oder Frischfeuereisen mit dem gleichen Kohlenstoffgehalte. Eine genügende Erklärung dieser auffallenden Erscheinung ist bislang noch nicht aufgefunden worden.

Wie schon oben erwähnt wurde, wird die Schweißung des Eisens nicht unerheblich durch die beim Erhitzen sich sofort bildende Schicht oxydirten Eisens — aus Oxyduloxyd bestehend und Hammerschlag genannt — erschwert. Eine mechanische Entfernung derselben vor dem Zusammenschweißen ist wegen der Schnelligkeit, mit der sie aufs Neue entsteht, unmöglich; das Oxyduloxyd an und

für sich aber ist sehr streng- und dickflüssig, und wenn die Entfernung desselben durch Herausquetschen aus der Fuge beim Zusammendrücken der beiden zu verbindenden Theile gelingen soll (wie schon oben angedeutet wurde), so muß ein Zusatz anderer Körper gegeben werden, welche die Fähigkeit besitzen, mit dem Eisenoxydoxyd zu einer leicht- und dünnflüssigen Schlacke sich zu vereinigen. Hierauf beruht die Anwendung der sogenannten Schweißpulver. Die entstehende Schlacke muß unter dem angewendeten Drucke in dünnflüssigen Tropfen aus der Fuge und den Poren herausquellen, und der Ausdruck „Schweißen" verdankt jedenfalls diesem Vorgange seine Entstehung. Eine „saftige Schweißhitze" nennt man diejenige, bei der dieses Herausquellen der Schlacke in reichem Maße vor sich geht, und dieselbe pflegt als Merkmal eines guten Verlaufs der Schweißung betrachtet zu werden. Immerhin wird eine solche saftige Schweißhitze um so leichter zu erreichen sein, je höher die Temperatur bei der Schweißung gesteigert werden kann; und hierin liegt ein anderer Grund, weshalb mit zunehmendem Kohlenstoffgehalte des Eisens auch die Schwierigkeit des Schweißens sich vergrößert.

Als Schweißpulver dient vielfach feiner Quarzsand oder besser noch gepulverter sandreicher Thon. Immerhin liegt die Schmelztemperatur des auf diese Weise gebildeten Eisensilicats noch ziemlich hoch, und wenn Eisensorten mit höherem Kohlenstoffgehalte geschweißt werden sollen, so muß deshalb auf Erniedrigung des Schmelzpunkts Bedacht genommen werden. Erfahrungsmäßig sinkt nun gewöhnlich der Schmelzpunkt eines Silicats schon durch das Hinzutreten neuer Körper; besonders wirksam in dieser Beziehung sind Alkalien, Manganverbindungen, Baryt, Fluorcalcium, Borate. Hierauf beruht die Wirkung eines Zusatzes der genannten Körper und man benutzt hierfür Glaspulver, Potasche, Kochsalz, Schwerspath, Braunstein, Flußspath, Borax u. a., theils in Gemengen unter einander, theils mit Sand oder Thon vermischt; z. B. 8 Thle. Schwerspath, 1 Thl. Braunstein, 1 Thl. Glasgalle; oder 12 Thle. Lehm, 3 Thle. calcinirte Soda, 2 Thle. Potasche, u. s. w. Auch gebrannter und gepulverter Borax allein, welcher bekanntlich mit Leichtigkeit Metalloxyde auflöst, dient mitunter beim Schweißen des Stahls als Schweißpulver. Außerdem setzt man, wenn kohlenstoffreiche Stahlsorten geschweißt und vor Verringerung der Härte durch Wegbrennen des Kohlenstoffs geschützt werden sollen, häufig kohlenstoff- oder cyanhaltige Substanzen zu; z. B. 41,5 Thle. Borsäure, 35 Thle. Kochsalz, 8,5 Thle. calcinirte Soda, 15,5 Thle. Blutlaugensalz, oder 41,5 Thle. Borsäure, 35,0 Thle. Kochsalz, 15,5 bis 26,7 Thle. Blutlaugensalz, 7,6 Thle. Colophonium; u. a. m.

Die Anwendung der Schweißpulver geschieht theils durch Bestreuen des im Feuer liegenden Eisenstücks mit Hülfe eines langgestielten Löffels, theils durch Umwenden des auf Schweißhitze erwärmten Arbeitsstücks in dem Schweißpulver, welches in einem Blechkästchen zur Seite des Feuers sich befindet.

Zum Erhitzen dienen die schon früher (Seite 160 bis 163) besprochenen Apparate: Schmiedefeuer für kleinere, Schweißöfen für größere Gegenstände. Zum Schweißen des Stahls wendet man am zweckmäßigsten ein Holzkohlenfeuer an, theils zur Vermeidung der Einflüsse der Steinkohlenasche (im Schmiedefeuer) auf den Stahl, hauptsächlich auch, weil in der kohlenoxydreicheren Atmosphäre des

)olzkohlenfeuers der Stahl weniger der Entkohlung preisgegeben ist als bei An-
)endung von Steinkohlen oder im Herdflammofen. Kohlenstoffarmes Schmiede-
isen erhitzt man auf Weißgluth, mittelharten und weichen Stahl auf Gelb- bis
uf beginnende Weißgluth, harten Stahl auf beginnende Gelbgluth (helle Roth-
luth). Sollen Eisen und Stahl zusammengeschweißt werden (z. B. beim Ver-
tählen der Werkzeuge), so wird in Rücksicht auf die verschiedene Temperatur, deren
:der dieser beiden Körper bedarf, die Erhitzung am zweckmäßigsten in getrennten
lpparaten vorgenommen. Gleichartige Eisensorten dagegen erhitzt man am besten
,emeinschaftlich und zwar schon in derjenigen Lage gegen einander, welche sie beim
Schweißen erhalten sollen.

Die durch Schweißung zu verbindenden Enden läßt man, wo es irgend an-
,eht, nicht stumpf vor einander stoßen, sondern legt sie wie in Fig. 56 mit einer
chrägen Fuge über einander oder, besser noch, steckt das keilförmig zugeschärfte
Ende des einen Stücks in das gabelförmig aufgespaltene Ende des anderen, wie es
Fig. 57 darstellt. Nun giebt man, wenn die Stücke schweißwarm und in die



Fig. 56. Fig. 57.



:ichtige Lage gebracht sind, zuerst einige Hammerschläge auf diejenige Stelle, welche
vom Ausgange der Fuge am weitesten entfernt ist, und schreitet dann mit dem
Hämmern rasch gegen den Ausgang vor, um die in der Fuge eingeschlossene
flüssige Schweißschlacke allmälig und möglichst vollständig aus dem Innern nach
dem Ausgange hin zu treiben und schließlich aus demselben zu entfernen. Alsdann
vollendet man durch kräftige Schläge die Schweißung. Zum Schweißen großer
Stücke bedient man sich statt des Hammers mitunter der Presse mit hydraulischem
oder anderem Drucke; für Specialitäten auch wohl besonderer Schweißmaschinen,
welche zugleich die richtige Stellung der Arbeitsstücke gegen einander sichern.

Kupfer läßt sich schweißen, wenn man als Schweißpulver Borsäure oder
Natriumammoniumphosphat (das Phosphorsalz bei Löthrohruntersuchungen) oder
auch eine Mischung von 35,8 Thln. Natriumphosphat mit 12,4 Thln. Borax
anwendet. Das Verfahren ist ganz ähnlich wie beim Schweißen des Eisens.

Platin bedarf beim Schweißen, da es auch in hoher Temperatur nicht oxydirt
wird, keiner Schweißpulver, wohl aber müssen die Schweißflächen vorher sorgfältig
mit Hülfe einer Feile gereinigt werden. Die Stücke werden dann auf Weißgluth
erhitzt, rasch auf den Ambos gelegt und durch Hammerschläge verbunden. Auf
diese Weise lassen sich Löcher in Platingefäßen durch aufgeschweißte Blechstückchen
schließen, die über einander gelegten Ränder von Platten verbinden u. s. f. Für
sehr kleine Gegenstände genügt zur Erhitzung schon eine Glasbläserflamme; für
große Gegenstände, z. B. bei der erwähnten Verbindung von Platten zu einem
größeren Gefäße, bedient man sich am zweckmäßigsten einer Wasserstoffflamme,
durch Verbrennung des Wasserstoffs mit Sauerstoff erzeugt. Das Wasserstoffgas
wird in einem besonderen Apparate durch Auflösen von Zink in verdünnter
Schwefelsäure dargestellt und in einem Kautschukschlauche nach einem Doppelhahne

geleitet, wo es mit dem von einem Gasometer zuströmenden Sauerstoffgase gemischt wird, um gemeinschaftlich mit demselben aus einem engen Mundstücke auszutreten und in Form einer langen spitzen Flamme zu verbrennen, welche über die zu schweißende Stelle hinweggeführt wird.

3) Das Plattiren.

Dasselbe besteht in einer Vereinigung zweier Stücke verschiedener Metalle, indem man sie mit metallisch reinen Flächen im bildsamen Zustande fest auf einander preßt. Es unterscheidet sich also vom Schweißen im Wesentlichen nur dadurch, daß hier verschiedene Metalle mit einander durch die Wirkung der Adhäsion verbunden werden. Daher ist es leicht erklärlich, daß die Begriffe häufig in einander übergehen und man nicht selten den Ausdruck „Schweißung“ auch für den Vorgang bei der Plattirung angewendet findet.

Der Zweck der Plattirung ist fast immer die Herstellung von Ueberzügen aus werthvolleren oder dauerhafteren Metallen auf minder werthvollen oder minder dauerhaften (Silber, Gold, Platin auf Kupfer; Nickel oder Kobalt auf Eisen, Kupfer, Neusilber; Zinn auf Blei; u. a. m.). Da nun aber fertige Gebrauchsgegenstände sich, ohne beschädigt oder in ihrer Form verändert zu werden, dem für die Vereinigung der Metalle erforderlichen Drucke nicht unterwerfen lassen würden, so begnügt man sich gemeiniglich, Bleche oder Drähte zu plattiren und diese dann weiter zu verarbeiten.

Silber- oder goldplattirte Kupferdrähte oder goldplattirte Silberdrähte, welche vielfach für Anfertigung von Tressen, Stickereien u. dergl. verwendet werden, nennt man **leonische** Drähte (eigentlich lyonische, da die Herstellung derselben in Lyon erfunden sein soll).

Bei der Aehnlichkeit, welche zwischen den Vorgängen des Schweißens und Plattirens besteht, ist es leicht erklärlich, daß im Wesentlichen die nämlichen Bedingungen für das Gelingen des Processes hier wie dort erfüllt werden müssen: vollständige Reinheit der Oberfläche, bildsamer Zustand, Anwendung von Druck, durch welchen die zu verbindenden Flächen genau auf einander zu schließen gezwungen werden.

Kupfer plattirt man mit Silber, indem man eine vollständig rein geschabte Platte des weichsten Kupfers, gewöhnlich 200 bis 300 mm lang, 120 bis 200 mm breit, 12 bis 20 mm stark, auf einer oder — falls doppelte Plattirung hergestellt werden soll — auf beiden Seiten mit einer Lösung von Silbernitrat in Wasser bestreicht, wodurch ein dünner Ueberzug von metallischem Silber, welcher das Haften erleichtert, erzeugt wird, sie abtrocknet und nun mit einem, beziehentlich zwei gewalzten und auf den Berührungsflächen ebenfalls vollständig gereinigten Silberblechen aus Feinsilber belegt. Jedes Anfassen der Berührungsflächen mit den Fingern muß hierbei vermieden werden, da erfahrungsmäßig schon durch ein solches Berühren mit der Hand die Verbindung der Metalle

der betreffenden Stelle vereitelt werden kann. Das Silberblech wird etwas länger als die Kupferplatte genommen und der Rand umgeklopft. Nun erhitzt man die Platten zum starken Rothglühen und reibt die Silberoberfläche, während die Platten sich noch im Ofen befinden, anhaltend und kräftig mit einem eisernen, krückenartig geformten Werkzeuge, um ein dichtes Anlegen auf die Kupferplatte zu bewirken. Alsdann nimmt man sie heraus, prüft sie durch Beklopfen mit einem Hammer, ob noch hohle Stellen vorhanden sind, und wenn man sich auf diese Weise überzeugt hat, daß beide Metalle dicht auf einander schließen, führt man sie im noch glühenden Zustande mehrere Male rasch hinter einander durch die nach jedem Durchgange einander mehr genäherten Walzen eines gewöhnlichen Blechwalzwerks hindurch, wobei der ausgeübte Druck die Verbindung vollendet. Im kalten Zustande werden nunmehr die verbundenen Metalle zu dünneren Blechen ausgewalzt. Das Verhältniß zwischen dem Gewichte des Silbers zu dem Gesammtgewichte des fertigen Blechs (beziehentlich des aus demselben hergestellten Gebrauchsstücks) wird durch eine Ziffer — $1/_{10}$, $1/_{20}$ u. s. w. — angegeben. Die schwächste Plattirung ist $1/_{40}$; und es läßt sich daraus leicht ermessen, daß, auch wenn die Bleche auf sehr geringe Stärken (z. B. $1/_4$ mm) ausgewalzt werden, die Silberschicht immerhin noch erheblich dicker ist als bei den meisten übrigen Versilberungen.

Für die Goldplattirung des Kupfers verwendet man nicht selten, um dünnere Goldüberzüge hervorzubringen, Blattgold. Die Kupferplatte wird mit einer gesättigten Lösung von Goldchlorid bestrichen, getrocknet und erwärmt, dann wird das Blattgold aufgelegt und mit dem Polirstahle überall fest angerieben. Nun legt man ein zweites Goldblättchen auf das erste, verfährt damit ebenso und wiederholt dieses Auflegen und Festreiben so oft, bis das gewünschte Verhältniß zwischen Gold und Kupfer erreicht ist. Alsdann wird die Platte auf die verlangten dünneren Abmessungen ausgewalzt. Das auf diese Weise vergoldete Kupfer oder auch Tombak, welches vorzugsweise für Schmucksachen Verwendung findet, bildet das eigentliche Talmigold. Der Goldüberzug desselben beträgt selten mehr als $1/_{100}$ (nach dem Gewichte), ist aber immerhin stärker und solider als die meisten auf andere Weise hergestellten Goldüberzüge, welche ebenfalls fälschlicherweise nicht selten unter jenem Namen in den Handel gebracht werden.

Auch Platinplattirung von Kupferblechen ist mitunter, wenn auch bedeutend seltener als Silber- und Goldplattirung, zur Anwendung gebracht worden. Das Verfahren dabei ist ganz ähnlich dem soeben beschriebenen.

Um Kupferdraht zu versilbern, fertigt man Kupferstangen, zieht sie im Ziehloche auf 6 bis 8 mm Stärke aus, reinigt sie vollständig durch Hindurchziehen durch ein scharfkantiges Ziehloch und schiebt ein aus Silberblech gebogenes Rohr, dessen Fuge nicht gelöthet, sondern nur mit Hülfe des Polirstahls fest zusammen gerieben war, im heißen Zustande darüber, so daß es beim Erkalten sich fest darum legt. Soll der Silberüberzug sehr dünn werden, so belegt man auch wohl die Kupferstange nur mit mehreren Lagen Blattsilber, welche mit dem Polirstahle angerieben und durch ein umgewickeltes Band (welches beim späteren Erhitzen wegbrennt) fest angedrückt werden. Nun wird die Stange erhitzt, im glühenden Zustande sorgfältig mit dem Polirstahle oder einem Blutsteine gerieben und dann kalt im Ziehwerke auf die dünneren Abmessungen ausgezogen.

Ganz ähnlich verfährt man bei der Herstellung von vergoldetem Kupferdrahte und vergoldetem Silberdrahte. Letzterer heißt zum Unterschiede von dem vergoldeten Kupferdrahte echter Golddraht oder feiner leonischer Draht.

Eisen wird neuerdings nach einem patentirten Verfahren des Dr. Fleitmann mit Nickel plattirt. Es ist dafür vollständiger Luftabschluß von den zu schweißenden Metallflächen erforderlich, und dieser Zweck wird erreicht, indem man entweder die zu verbindenden Metalle in dünnes Eisenblech einschließt, welches später durch Beizen entfernt wird; oder indem man sie in geschlossenen Oefen glüht, aus welchen durch eingeleitete Gase (Kohlenwasserstoffe oder Kohlenoxydgas) die Luft verdrängt ist. Dem Glühen folgt alsdann ein rasches Auswalzen.

Blei läßt sich mit Zinn plattiren, indem man beide Metalle mit völlig reinen Flächen auf einander legt und zusammen auswalzt.

4) Das Zusammenschmelzen.

In Fällen, wo eine Schweißung oder Plattirung nicht ausführbar ist, sei es, daß es dem betreffenden Metalle an der erforderlichen Dehnbarkeit mangelt, sei es, daß ein schon in seiner Form fertiger Gegenstand, welcher dem für die Verbindung durch jene Arbeiten erforderlichen Drucke nicht mehr unterworfen werden kann, noch mit einem anderen Theile vereinigt werden soll, läßt sich der Zweck einer Verbindung mitunter noch durch eine Verflüssigung des Metalls an der Verbindungsstelle erreichen. Hierbei kann entweder ursprünglich nur der eine der beiden zu verbindenden Theile fest sein, der andere aber im flüssigen Zustande und eingeschlossen in eine Gußform, welche erst die Formgebung bewirkt, mit demselben in Berührung gebracht werden (Aufgießen oder Angießen); oder beide Theile sind bereits fest und man bringt, nachdem sie in der richtigen Lage gegen einander gelegt sind, das Metall an der Verbindungsstelle zum Schmelzen.

Ganz ähnliche Vorgänge lassen sich bei anderen Körpern täglich beobachten. Gießt man auf eine reine Eisfläche Wasser, so bildet es nach dem Erstarren ein vollständiges Ganze mit dem ursprünglich vorhandenen Eise; flüssiges Stearin, welches, von der Lichtflamme geschmolzen, an der Kerze herabsickert, schmilzt mit derselben, sofern die Oberfläche vollständig rein war, fest zusammen; u. s. f.

Damit das Verfahren des Angießens gelinge, ist es erforderlich, daß die Oberfläche des starren Metallstücks an der Vereinigungsstelle wenigstens annähernd auf Schmelztemperatur erwärmt sei, theils weil in dieser Temperatur die Verbindung thatsächlich leichter von Statten geht, außerdem auch, weil bei der ungleichen Zusammenziehung der verbundenen, aber verschieden erwärmten Theile leicht ein Wiederlosreißen eintreten könnte. Es folgt hieraus, daß, je niedriger der Schmelzpunkt des betreffenden Metalls liegt, um so weniger Schwierigkeiten die Durchführung des Verfahrens darbieten wird.

Häufig bedient sich aus diesem Grunde der Zinngießer des Angießens, um Gefäße mit Henkeln, Füßen u. dergl. zu versehen, die, wenn man sie schon von

vornherein in einem Stücke mit dem Haupttheile hätte gießen wollen, die Schwierigkeit entweder der Herstellung oder der späteren Bearbeitung (durch Drehen auf der Drehbank u. s. w.) erheblich vergrößert haben würden. Die Gußform für das anzugießende Stück ist da, wo die Verbindung statthaben soll, offen und wird hier fest gegen den übrigens schon fertigen, sorgfältig gereinigten Haupttheil gedrückt; dann gießt man das flüssige Metall ein und läßt es erkalten.

Besondere Schwierigkeiten bietet das Angießen von Theilen an gußeiserne Gegenstände, theils wegen des hohen Schmelzpunkts, theils wegen der Leichtoxydirbarkeit des Gußeisens. Dennoch wird es unter Beobachtung gewisser Kunstgriffe mitunter mit gutem Erfolge ausgeführt, und besonders interessant in dieser Beziehung ist das Angießen eines Zapfens an Stelle eines abgebrochenen an eine größere Walze (für Walzwerke), deren vollständiger Ersatz bei dem bedeutenden Gewichte und der umfassenden Bearbeitung durch Abdrehen ꝛc. nur mit großen Kosten zu bewerkstelligen sein würde. Man gräbt zu diesem Ende die Walze senkrecht in die Erde mit der Bruchfläche nach oben, reinigt die letztere sorgfältig von etwa vorhandenem Roste oder Schmutze durch Bearbeitung mit Meißel und Feile, und setzt eine aus Lehm gefertigte, sorgfältig getrocknete Gußform für den anzugießenden Zapfen mit ausreichend hohem verlornen Kopfe (S. 121) darauf. Dieselbe muß mindestens 30 mm im Durchmesser größer sein als der Durchmesser des fertig bearbeiteten Zapfens, da erfahrungsmäßig erst in einigem Abstande von dem Umfange desselben vollständige Vereinigung stattfindet. Am unteren Rande der Gußform befindet sich eine Oeffnung zum Einfließen und einige Oeffnungen zum Ausfließen des zuerst eingegossenen Metalls, derartig vertheilt und von solcher Größe, daß beim Gießen das flüssige Metall von der Seite des Eingusses her sich über die Bruchfläche hin vertheilt, diese völlig bespült, aber zugleich rasch auf der anderen Seite abfließen kann, ohne daß an irgend einer Stelle Ansammlungen erkalteten Metalls stattfinden können. Die Gußform wird dann, wenn sie ihre richtige Stelle eingenommen hat, mit Formsand umstampft, in welchem die Canäle für Ein- und Ausfluß angebracht werden, und für das Ansammeln des ausfließenden Metalls ein tiefer gelegener Sumpf angelegt. Die Bruchfläche wird nunmehr durch ein über derselben angelegtes Holzkohlenfeuer im Verlaufe mehrerer Stunden bis zur Rothgluth erhitzt; dann entfernt man Holzkohlen, Asche ꝛc. und gießt in ununterbrochenem Strahle stark erhitztes Metall über die Bruchfläche, bis diese zu erweichen beginnt. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so verstopft man die Abflußöffnungen, wodurch das ununterbrochen zufließende Metall gezwungen wird, in der Gußform aufzusteigen und diese anzufüllen. Man läßt langsam erkalten und dreht später den Zapfen auf den normalen Durchmesser ab. Ist die Arbeit gelungen, so pflegt die Festigkeit an der Verbindungsstelle größer als vorher zu sein, so daß eher an einer anderen als an dieser Stelle ein Bruch eintritt.

Man nennt dieses Angießen gußeiserner Theile gewöhnlich Schweißen des Gußeisens, Anschweißen, obgleich ein Schweißen im engeren, oben erläuterten Sinne nicht dabei stattfindet.

Ein Beispiel für die Verbindung zweier bereits fester Theile durch Schmelzen des Metalls an der Vereinigungsstelle giebt die Verbindung großer Bleiplatten, wie sie u. a. für Schwefelsäurekammern gebraucht werden. Man benutzt

dazu eine Wasserstoffflamme. Das Gas wird in einem tragbaren Apparate aus Zink und verdünnter Schwefelsäure erzeugt, die Verbrennungsluft von einem kleinen, ebenfalls tragbaren Fußtrittgebläse aus zugeführt. Gas und Luft strömen durch Kautschukschläuche nach einem gemeinsamen, mit Hähnen versehenen, Mundstücke (Gaslöthrohre), aus welchem sie in Form einer etwa 1 m langen spitzen Flamme austreten. Die Bleiplatten werden zuvor an den Kanten, welche verbunden werden sollen, vollständig blank geschabt, dann dicht zusammengelegt und langsam mit der Flamme wie mit einem feurigen Pinsel an der Fuge überstrichen.

Das Blei kommt da, wo es von der Flamme getroffen wird, momentan ins Schmelzen und bewirkt solcherart die Verbindung.

5) Das Löthen.

Man versteht unter Löthen die Verbindung zweier gleich- oder verschiedenartiger Metallstücke mit Hülfe eines metallischen Bindemittels (das **Loth** genannt), welches im flüssigen Zustande in die Fuge zwischen beiden Stücken gebracht wird, dort erstarrt und vermöge seiner Adhärenz an beiden Theilen dieselben zusammenhält. Die Festigkeit der Löthstelle ist mithin, sofern die Löthung überhaupt gelungen ist, in erster Reihe abhängig von der Festigkeit des Loths; ein Loth von geringer Festigkeit (z. B. Zinn oder Zinnblei) kann niemals eine festere Löthung geben. Damit die Löthung aber gelinge, ist wiederum vor allen Dingen Reinheit der Verbindungsstelle von allen fremden, oxydischen, fettigen oder sonstigen Körpern erforderlich; die Löthung muß in einer Temperatur vor sich gehen, welche eine vorzeitige Erstarrung des Loths ausschließt, unter Umständen müssen also die zu löthenden Stücke selbst entsprechend angewärmt sein; und immerhin muß das als Loth benutzte Metall eine gewisse Neigung besitzen, an den zu vereinigenden Metallen zu adhäriren, so daß also in dieser Beziehung auch die Beschaffenheit der letzteren bei der Auswahl des Loths mitzusprechen hat. Letzterer Bedingung würde nun am einfachsten genügt werden, wenn man das nämliche Metall, von welchem man Stücke zu verbinden hat, auch als Loth benutzte; da aber die Löthung leichter gelingt, wenn die Schmelztemperatur des Loths niedriger liegt als diejenige des zu löthenden Metalls, so pflegt man, sofern nicht besondere Gründe dagegen sprechen, Legirungen des zu löthenden Metalls, welche leichter schmelzen und daneben nicht selten sich durch eine größere Festigkeit auszeichnen, als Lothe zu verwenden.

Nun besitzen aber diejenigen Metalle und Legirungen, deren Schmelzpunkt tief, d. h. unter 250° C., liegt, und welche gerade aus diesem Grunde als Löthmittel sehr bequem benutzbar sind, immerhin eine sehr geringe Festigkeit im Vergleiche mit denjenigen Metallen und Legirungen, welche — größtentheils in Folge eines beträchtlichen Kupfergehalts — erst in Temperaturen über 600° schmelzen. Von diesem Gesichtspunkte aus pflegt man die sämmtlichen Lothe in zwei Gruppen zu theilen:

Weichlothe, Weißlothe oder Schnelllothe, in niedriger Temperatur schmelzend, deshalb leicht benutzbar, aber geringe Festigkeit besitzend;

Hartlothe, Schlagelothe oder Strenglothe, in höherer Temperatur schmelzend, schwieriger verarbeitbar, aber von großer Festigkeit (der Ausdruck „Schlageloth“ bedeutet, daß die mit demselben gelötheten Gegenstände Schlägen unterworfen werden können, ohne daß die Löthstelle nachgiebt).

Durch verschiedene Abstufungen, wie „schwaches Schnellloth“, „starkes Schnellloth“, „schwaches Schlageloth“, „starkes Schlageloth“ u. a. m. sucht man häufig die Beschaffenheit dieses oder jenes Lothes noch genauer zu kennzeichnen.

Von der Beschaffenheit des zu löthenden Gegenstandes wie von der erforderlichen Festigkeit der Löthstelle muß die Wahl des Loths abhängig sein. Hartlothe lassen sich selbstverständlich nur zum Löthen solcher Metalle und Legirungen benutzen, welche selbst einen hohen Schmelzpunkt besitzen, nicht aber zum Löthen von Blei, Zinn, Zink oder deren Legirungen; Weißlothe sind fast immer anwendbar, aber die mit denselben erzielte Verbindung besitzt, wie erwähnt, nur geringe Festigkeit.

Auch die Farbe des zu löthenden Metalls muß bisweilen für die Wahl des Loths entscheiden. Denn da es häufig unvermeidlich ist, daß die Löthfuge als schmaler Streifen auf der Oberfläche des gelötheten Gegenstandes sichtbar bleibt, so würde der letztere, sofern man nicht etwa ihn mit fremden undurchsichtigen Körpern (Farbe) zu überziehen beabsichtigt, erheblich verunschönt werden, wenn nicht die Farbe des Loths möglichst genau mit seiner eigenen Farbe übereinstimmte.

Für Weichlothe bilden Zinnbleilegirungen das vorzugsweise benutzte Material. Der Schmelzpunkt derselben sinkt, wie aus den früheren Mittheilungen über diese Legirungen hervorgeht, bei richtigem Mischungsverhältniß auf etwa 190° C. (Legirungen mit 30 bis 40 Proc. Blei); durch höheren Bleigehalt läßt sich zwar der Preis des Loths ermäßigen, aber es steigt die Schmelztemperatur (starkes Schnellloth). Mitunter setzt man noch Wismuth zu, wenn man besonders leichtschmelzige Lothe anwenden will (zum Löthen von Zinnbleilegirungen, deren Schmelzpunkt ohnehin niedrig liegt); reines Zinn, welches bekanntlich bei 230° C. schmilzt und deshalb weniger bequem als jene Legirungen benutzbar ist, wird nur dann angewendet, wenn aus besonderen Gründen der Zusatz fremder Metalle nicht zulässig ist (beim Löthen von Gegenständen aus reinem Zinn). Zur Bereitung des Weichloths schmilzt man die Metalle im Kessel oder im Gießlöffel über der Lampe zusammen und gießt sie in eine eiserne Form zu Stäbchen aus. An den Erscheinungen, welche beim Erstarren sich auf der Oberfläche zeigen, beurtheilt man die Beschaffenheit des Loths. Gutes Schnellloth muß glänzende Flecken auf mattweißem Grunde (Blumen) zeigen; erscheinen dagegen zinnweiße Flecken auf blaugrauem Grunde, so hat unvollständige Legirung stattgefunden und man muß nochmals einschmelzen (vergl. auch S. 98).

Sickerloth nennt man diejenige Legirung, welche man erhält, wenn man gleiche Theile Blei und Zinn zusammenschmilzt, bis zum beginnenden Erstarren stehen läßt und dann das noch Flüssige, welches eben das leichtschmelzige Sickerloth bildet, abgießt.

Für Hartlothe sind Kupferlegirungen mit Zink, Zinn, auch wohl Blei, Silberlegirungen mit Kupfer und Zink, Goldlegirungen mit Kupfer und Silber das gebräuchlichste Material. Man schmilzt sie im Tiegel und gießt sie in einem dünnen Strahle in Wasser aus, in welchem man einen Besen aus Birkenreisern rasch und stoßweise hin- und herbewegt, wodurch das Metall gekörnt, d. h. in kleine Körner von etwa Hirsekorngröße verwandelt wird; oder, sofern die Legirung ausreichend dehnbar ist (Silber- und Goldlegirungen), gießt man Stäbchen daraus, welche unter dem Hammer oder Walzwerke zu dünnen Blechen ausgestreckt werden; von diesen schneidet man mit der Blechscheere kleine längliche Schnitzel für den Gebrauch ab, welche Paillen genannt werden.

Beispiele von Lothen.

1) Zum Löthen von Blei, Zink, sowie auch, sofern keine große Festigkeit verlangt wird, für Kupfer und Messing brauchbar (billiges Weich- oder Schnellloth): 2 Thle. Blei, 1 Thl. Zinn (Schmelzpunkt circa 240° C.).

2) Zum Löthen von Blei, Zink, Zinn, Weißblech ꝛc. geeignet (feines Weichloth): 1 Thl. Blei, 1 Thl. Zinn (Schmelzpunkt ca. 200°); oder: 0,4 bis 0,6 Thl. Blei, 1 Thl. Zinn (schwaches Schnellloth, Schmelzpunkt 185 bis 190°).

3) Zum Löthen von leichtschmelzigen Zinnbleilegirungen: 2 Thle. Zinn, 1 Thl. Blei, 1 Thl. Wismuth; oder 3 Thle. Zinn, 4 Thle. Blei, 2 Thle. Wismuth; oder 2 Thle. Zinn, 2 Thle. Blei, 1 Thl. Wismuth (Zinngießerloth, Wismuthloth). Diese Legirungen schmelzen bei 130 bis 160° C., brechen aber sehr leicht.

4) Zum Löthen von Eisen ist Kupfer ein geeignetes Material, zum Löthen von Kupfer eine Legirung aus 5 Thln. Kupfer und 1 Thl. Blei; leichter verarbeitbar: 2 Thle. Kupfer, 1 Thl. Zink (hartes Schlageloth). Für Löthungen, welche große Festigkeit und Biegsamkeit verlangen, z. B. zum Löthen der Bandsägeblätter, benutzt man sogenanntes Silberschlageloth; z. B. 66 Thle. Silber, 24 Thle. Kupfer, 10 Thle. Zink; oder 4 Thle. Silber mit 3 Thln. Messing; oder 3 Thle. Silber, 1 Thl. Kupfer (wegen des fehlenden Zinkgehalts strengflüssiger); u. a. m.

5) Zum Löthen von Messing, Bronze, wie auch von Eisen, Kupfer ꝛc. brauchbar:

a. Gelbes Schlageloth: 1 Thl. Zink mit 2 bis 7 Thln. Messingblechschnitzel. Mit steigendem Zinkgehalte sinkt die Schmelztemperatur, während die Farbe heller wird und die Festigkeit sich verringert; Gußmessing, welches zinkreicher zu sein pflegt, erfordert deshalb auch zinkreicheres Loth als Walzmessing und Tombak.

b. Halbweißes Schlageloth (zinnhaltig, deshalb härter): auf 20 bis 30 Thle. gelbes Schlageloth 1 Thl. Zinn (so daß die Legirung annähernd 48 Proc. Kupfer, 48 Proc. Zink und 4 Proc. Zinn enthält).

c. Weißes Schlageloth (mit noch größerem Zinngehalte): 80 Thle. Messing, 4 Thle. Zink, 16 Thle. Zinn; oder 78 Thle. Messing, 7 Thle. Zink,

15 Thle. Zinn; oder ähnliche Legirungen mit etwa 60 Proc. Kupfer, übrigens Zink und Zinn in annähernd gleichen Mengen enthaltend.

6) Zum Löthen von Silber das schon unter 4 erwähnte Silberschlageloth. Für solide Löthungen wählt man Legirungen, deren Silbergehalt 60 bis 75 Proc. beträgt und welche übrigens Kupfer und Zink enthalten (zinkreichere schmelzen leichter, sind aber weniger fest); zum Nachlöthen schon gelötheter Stellen oder für Gegenstände, bei denen es weniger auf große Festigkeit der Löthstelle ankommt, wählt man Legirungen mit 50 bis 66 Proc. Silber (im letzteren Falle reichlicherer Zinkgehalt) und nennt dieselbe weiches Silberloth; z. B. 3 Thle. Feinsilber, 2 Thle. Kupfer, 1 Thl. Zink; oder 1 Thl. Feinsilber, 1 Thl. Messing; oder 7 Thle. Feinsilber, 3 Thle. Kupfer, 2 Thle. Zink; u. a. m. Für ganz geringe Arbeiten benutzt man auch wohl silberarme und zinkreiche Legirungen, deren Schmelzpunkt sehr niedrig liegt, welche aber auch verhältnißmäßig geringe Festigkeit besitzen (leichtflüssiges Silberloth); z. B. 5 Thle. Feinsilber, 6 Thle. Messing, 2 Thle. Zink (Silbergehalt etwa 40 Proc., Zinkgehalt und Kupfergehalt je 30 Proc.).

7) Zum Löthen von Gold: Goldschlageloth, bestehend aus Gold, Silber und Kupfer; z. B. für 22karätiges Gold 24 Thle. 22karätiges Gold, 2 Thle. Feinsilber, 1 Thl. Kupfer; für 18karätiges Gold 9 Thle. 18karätiges Gold, 2 Thle. Feinsilber, 1 Thl. Kupfer; für 16karätiges Gold 24 Thle. 16karätiges Gold, 10 Thle. Feinsilber, 8 Thle. Kupfer; für 14karätiges Gold 3 Thle. 14karätiges Gold, 2 Thle. Feinsilber, 1 Thl. Kupfer; für noch goldärmere Legirungen 8 Thle. Feingold, 10½ Thle. Feinsilber, 5½ Thle. Feinkupfer; u. a. m. Auch setzt man wohl, um beim Löthen minder werthvoller Gegenstände die Schmelztemperatur des Loths fernerhin zu erniedrigen, etwas Zink zu der Legirung; z. B. 2 Thle. Feingold, 9 Thle. Feinsilber, 5 Thle. Kupfer, 1 Thl. Zink. Goldwaaren, welche mit solchem zinkhaltigen Lothe gelöthet sind, können jedoch dem Färben (vergl. im fünften Abschnitte: Färben des Goldes) durch Beizmittel nicht unterzogen werden, da das Loth hierbei schwarz wird.

8) Zum Löthen von Platin wird als Loth Feingold benutzt.

9) Zum Löthen von Neusilberwaaren: 1000 Thle. Neusilberblechabfälle, 100 Thle. Messing, 92 Thle. Zink, 33 Thle. Zinn; oder überhaupt Neusilber, dessen Schmelzpunkt durch ferneren Zusatz von Zink erniedrigt worden ist; z. B. 8 Thle. Neusilber, 2 Thle. Zink.

10) Zum Löthen von Aluminium: Legirungen aus Aluminium und Zink mit 80 bis 94 Proc. Zink; oder noch besser aus Aluminium mit Zink und Kupfer, jedoch selten mehr als 12 Proc. Aluminium und 8 Proc. Kupfer enthaltend.

Aehnlich wie man beim Schweißen eine Reinigung der zu verbindenden Flächen durch Anwendung von Schweißpulvern erzielt, wendet man auch beim Löthen Zusätze an, welche die Eigenschaft besitzen, in der zum Löthen erforderlichen Temperatur vorhandene Oxyde zu verschlacken, unter Zersetzung zu Chloriden zu verflüchtigen oder auch zu reduciren. Die Wahl dieser Zusätze, welche in gewöhnlicher Temperatur theils fest, theils flüssig sind, muß wieder von der Beschaffen-

heit der zu löthenden Metalle und von der anzuwendenden Temperatur abhängig sein.

Borax, entweder trocken in Pulverform oder mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, bildet vermöge seiner Eigenschaft, Metalloxyde in höherer Temperatur zu lösen, ein wichtiges Hülfsmittel beim Hartlöthen.

Kryolith, als feines Pulver, gewöhnlich mit etwas Phosphorsäurelösung vermischt, bildet ebenfalls leicht schmelzbare Verbindungen und wird zum Hartlöthen des Kupfers empfohlen; auch Phosphorsäurelösung mit der gleichen Menge Weingeist (Müller'sches Löthwasser) oder Phosphorsalz (Natriumammoniumphosphat) wendet man beim Hartlöthen des Kupfers und dessen Legirungen an.

Chloride wirken theils lösend, theils verschlackend oder verflüchtigend auf Metalloxyde und finden deshalb vielfache Anwendung vorzugsweise beim Weichlöthen. Hierher gehört Salzsäure, mit der man die zu löthenden Flächen bestreicht (z. B. beim Löthen von Zink); Salmiak, theils pulverförmig, theils mit Wasser angerührt, beim Löthen von Messing, Weißblech benutzt; Zinkchlorid- oder besser Zinkammoniumchloridlösung (gewöhnlich Löthwasser genannt), sehr geeignet beim Löthen von Kupfer, Messing, Eisen, u. a. m. Durch Zusatz von Stärkelösung zu der Zinkammoniumchloridlösung bis zur Syrupsconsistenz, wodurch das Haften der Lösung erleichtert wird, erhält man sogenannte Löthpasta.

Kolophoniumpulver dient als Reductionsmittel oder als Schutz des Weichloths gegen Oxydation.

Bevor das Löthen vor sich geht, werden die zu verbindenden Oberflächen durch Feilen, Schaben zc., auch wohl durch Beizen mit Salzsäure (beim Zink) von anhaftenden Unreinigkeiten befreit und alsdann, ohne an den Verbindungsflächen mit den Fingern berührt zu werden, in die bestimmte gegenseitige Lage zu einander gebracht. Um sie in derselben zu erhalten, spannt man sie entweder in einen Schraubstock oder umwickelt sie mit Bindedraht, oder befestigt sie, wenn sie klein sind, mit Stiftchen auf einem Stück Holzkohle, oder erfaßt sie auch nur mit der Hand oder einer Zange. Da die Löthung um so besser gelingt und um so größere Festigkeit besitzt, je größer die Berührungsflächen sind, so sucht man die letzteren, wo sie verhältnißmäßig klein sind, durch ähnliche Kunstgriffe zu vergrößern als beim Schweißen. Man wird deshalb z. B. die Ränder zweier zu verbindender Blechstreifen nicht stumpf vor einander stoßen lassen, sondern ein wenig über einander legen; ist ein solches Uebergreifen derselben nicht zulässig, so schneidet man an der einen Kante schwalbenschwanzförmige Zacken aus, welche in entsprechende Einschnitte an der anderen Kante eingreifen; u. s. f.

Ist der durch Löthung zusammenzufügende Gegenstand hohl und ringsum geschlossen, so muß Sorge getragen werden, daß an irgend einer geeigneten Stelle desselben eine kleine Oeffnung bleibe, um der in Folge der Erwärmung beim Löthen sich ausdehnenden Luft einen Ausweg zu verschaffen.

Die Geräthe zum Schmelzen des Loths sind ziemlich mannigfaltig.

Zum Weichlöthen ist das üblichste Geräth der **Löthkolben.** Er besteht aus einem an einem eisernen Stiele mit hölzernem Hefte befestigten Stück geschmiedeten Kupfers (zum Löthen von Aluminium sind dagegen Aluminiumlöthkolben erforderlich), welches entweder, wie Fig. 58, hammerartig gestaltet ist (Hammerkolben) oder, wie Fig. 59, die Form eines Kegels oder einer Pyramide mit abgerundeter Spitze besitzt, in deren Grundfläche der Stiel befestigt ist (Spitzkolben). Die scharfe Kante des einen oder die Spitze des anderen Löthkolbens, welche die Löthbahn genannt wird, dient dazu, nachdem der Kolben erhitzt ist, das leichtschmelzige Loth zum Schmelzen zu bringen und auf die Löthfuge zu übertragen. Zu diesem Ende muß die Löthbahn selbst zuvor verzinnt worden sein, welchen Zweck man erreicht, indem man sie, nachdem sie durch Feilen blank gemacht („angefrischt") worden war, in geschmolzenes, mit Kolophoniumpulver bestreutes Zinnloth taucht oder im erhitzten Zustande auf einem mit Kolophoniumpulver bestreuten Stück Zinnloth reibt. Zum Erhitzen des Löthkolbens dient unter Umständen das Schmiedefeuer, wo ein solches zur Hand ist, sonst ein besonderer Löthofen aus Eisenblech oder Gußeisen, gewöhnlich cylindrisch geformt und am besten mit Holzkohlen geheizt. Der Kolben wird so in das Feuer gelegt, daß die Löthbahn nach oben liegt und nicht von den Kohlen berührt wird. Ist der Löthkolben auf diese Weise gehörig erhitzt, so verzinnt man zunächst die zu verbindenden Flächen des Arbeitsstücks, indem man ein Stückchen Loth auf dieselben bringt, nachdem man zuvor Kolophoniumpulver aufgestreut hatte, und mit dem Löthkolben aus einander reibt. Nun erwärmt man sie etwas, drückt sie in der richtigen Lage gegen einander, bringt mit dem Löthkolben einen Tropfen des Loths, welcher beim Hinfahren über dasselbe an dem Kolben hängen bleibt, auf die Fuge und streicht ihn dort längs derselben auseinander, wobei er alsbald vermöge der Capillarität in die Fuge eindringt und die Verbindung bewirkt. Kupfer, Messing, Eisen lassen sich auch ohne Anwendung von Kolophonium, selbst ohne besonderes Abfeilen der Verbindungsflächen löthen, wenn man die letzteren, unmittelbar ehe man das Loth aufträgt, mit dem oben erwähnten Löthwasser (Zinkammoniumchlorid) bestreicht; beim Löthen von Zink genügt schon ein Bestreichen mit Salzsäure.

Fig. 58.

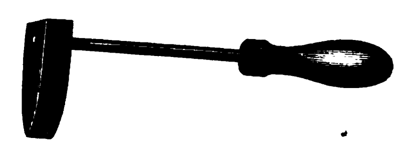
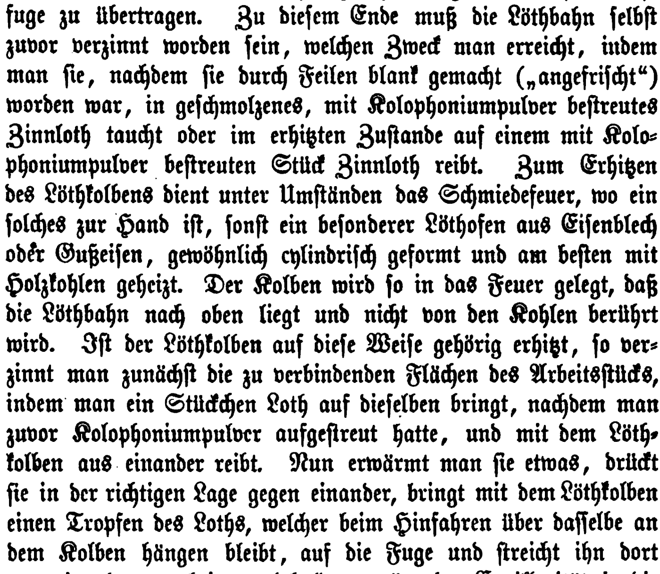


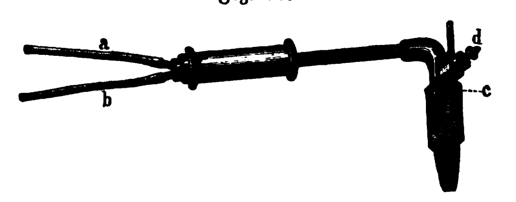
Fig. 59.



Wo Leuchtgas zur Verfügung steht, wendet man — besonders in großen Löthereien — nicht ohne Vortheil Löthkolben an, welche ununterbrochen durch Gas warm gehalten werden, so daß eine Unterbrechung der Arbeit in Folge des Erkaltens der Kolben nicht eintritt. Das Gas wird durch einen Gummischlauch nach dem in diesem Falle hohlen Stiele und durch diesen hindurch nach dem Kolben geleitet; die Verbrennung geschieht meistens durch Gebläseluft (von einem Fußtrittgebläse aus), und hierdurch allerdings wird die Einrichtung gewöhnlich

etwas schwerfällig. Mitunter freilich läßt man auch, wie beim Bunsen'schen Gasbrenner, die Luft durch das Gas selbst ansaugen und versieht zu diesem Ende den Stiel mit regulirbaren Eintrittsöffnungen für die Luft; jedoch ist der Gasverbrauch bei diesen Löthkolben ohne Gebläse größer (circa 3 Liter per Minute gegenüber 1,2 Liter bei Anwendung eines Gebläses). Die einzelnen Constructionen solcher Gaslöthkolben sind ziemlich zahlreich. Fig. 60 stellt einen Gaslöthkolben von einfacher Einrichtung (für Anwendung von Gebläsewind bestimmt) dar. Durch die beiden Gummischläuche *a* und *b*, welche über kurze Messingstutzen am hintern

Fig. 60.



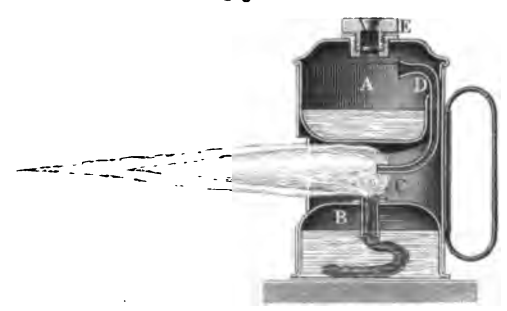
Ende des Löthkolbens übergeschoben werden, wird Gas und Luft in den aus einem schmiedeeisernen Rohre gebildeten Stiel des Löthkolbens geführt, um sich innerhalb desselben zu mischen und bei *c*, d. h. hinter dem eigentlichen Löthkolben, in Form einer heißen Flamme auszuströmen. Der Löthkolben selbst, dessen Form sich aus der Abbildung mit hinreichender Deutlichkeit ergiebt, wird von einer kurzen schmiedeeisernen Stange gehalten, welche in der Hülse *d* in der der Länge der Flamme entsprechenden Stellung mit Hülfe einer Klemmschraube festgestellt wird.

Ein zum Löthen kleiner Gegenstände sowohl mit Weich- als Hartloth sehr übliches Geräth ist das **Löthrohr**. Die Einrichtung dieses nützlichen kleinen Werkzeugs, welches ja auch in chemischen Laboratorien eine so ausgedehnte Anwendung gefunden hat, darf als bekannt vorausgesetzt werden. Man bringt ein Stückchen des Loths auf die Löthstelle, nachdem man sie beim Hartlöthen mit Borax bepulvert oder bestrichen, beim Weichlöthen mit Kolophonium oder Oel versehen hat und schmilzt es durch die Spitze der Löthrohrflamme. Wo man Leuchtgas benutzen kann, ist das in seiner Einrichtung ebenfalls bekannte Gaslöthrohr mit Gebläse oft recht zweckmäßig.

Zum raschen Löthen größerer Gegenstände, vorzugsweise mit Weichloth, bedient man sich nicht selten der **Löthlampe**, welche besonders da zweckmäßig ist, wo außerhalb der Werkstätte gelöthet werden muß, und aus diesem Grunde besonders von Rohrlegern, Bauklempnern u. A. geschätzt wird. Fig. 61 zeigt die Einrichtung einer solchen Löthlampe. Dieselbe besteht zunächst aus einem cylindrischen Mantel aus starkem Kupferblech, an der Vorderseite mit quadratförmigem Ausschnitte, an der Rückseite mit einem Paar beweglicher Henkel versehen. Derselbe ist über eine gewöhnliche Spirituslampe *B* geschoben, welche so genau in den Mantel hineinpaßt, daß sie beim Gebrauche nicht herausfallen kann. Ueber der Flamme ist in dem Mantel ein Gefäß *A* befestigt, welches ebenfalls Spiritusfüllung enthält und luftdicht geschlossen ist (das Einfüllen des Spiritus geschieht durch die mit einer Verschlußschraube *E* verschlossene Oeffnung im Scheitel des Gefäßes). Von diesem Gefäße oberhalb der Spiritusfüllung aus geht ein ge-

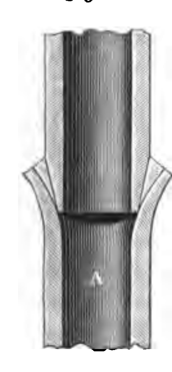
krümmtes Rohr D nach unten und mündet dicht über dem Dochte der Lampe, ähnlich einem Löthrohre, in einer feinen Oeffnung. Wird nun die Lampe angezündet, so erwärmt und verdampft sie den Spiritus in dem oberen Gefäße. Nach einigen Augenblicken wird die Spannung der Spiritusdämpfe so stark, daß sie

Fig. 61.



mit Heftigkeit durch das Rohr D in die Flamme eintreten und dieselbe, indem sie gleichzeitig mit verbrennen, zu einer Stichflamme bis zu 15 cm Länge ausziehen, welche das Loth rasch und gleichmäßig in Fluß bringt. Um ein Zerplatzen des oberen Gefäßes bei zu hoch gesteigerter Spannung der Dämpfe zu verhüten, versieht man zweckmäßigerweise die Verschlußschraube desselben mit einem Sicherheitsventile wie bei der abgebildeten Lampe. Dasselbe ist konisch in den Deckel eingeschmirgelt und endigt in einem kleinen, mehrfach durchbohrten Kolben, welcher durch eine Feder abwärts gedrückt wird und das Ventil verschlossen hält. Steigt aber die Spannung über ein gewisses Maß, so wird der Kolben unter Ueberwindung der Federspannung gehoben und die Dämpfe können entweichen.

Fig. 62.



Als Beispiel für die Anwendung einer solchen Löthlampe möge die in Fig. 62 abgebildete Verlöthung zweier Bleiröhren für Wasserleitungen dienen. Das Ende des einen Rohrs (A) wird zunächst mit Hülfe eines konischen Dorns aus hartem Holze soweit aufgetrieben, daß das mit Hülfe des Messers oder Schabers etwas zugespitzte Ende des zweiten Rohrs auf etwa 10 mm Länge in dasselbe hineingeschoben werden kann und möglichst genau hineinpaßt, damit kein Loth in das Innere des Rohrs hineinfließen kann. Nachdem nun die zu verbindenden Flächen sorgfältig durch Schaben gereinigt worden sind, wärmt man die Rohrenden mit der Lampenflamme an und bringt von dem in kleine Stangen gegossenen Lothe (1 Thl. Zinn und 1 Thl. Blei) so viel in die Fuge, bis dieselbe damit angefüllt ist. Nunmehr streut man etwas Kolophoniumpulver darauf, und bringt das Loth durch die Lampenflamme zum Schmelzen, bis es ringsum eine gleichmäßig flüssige Masse in der Fuge bildet; alsdann läßt man erstarren und gießt zur vollständigen Abkühlung Wasser auf die Löthstelle.

Andere zum Löthen benutzte Geräthe sind meistens Variationen theils des Gaslöthrohrs, theils der soeben beschriebenen Löthlampe und ähneln oft außerordentlich den auch in chemischen Laboratorien angewendeten Gebläselampen für Gas oder Spiritus.

6) Das Kitten.

Man versteht unter der Bezeichnung „Kitt“ einen plastischen Stoff, welcher in Folge chemischer oder physikalischer Vorgänge mehr oder minder rasch erhärtet, dabei die Eigenschaft besitzt, an bestimmten Körpern zu haften, und welcher somit als Bindemittel für zwei solche Körper benutzt werden kann, indem man die Fuge zwischen den letzteren mit dem Kitte anfüllt.

Nur selten besteht der Kitt aus einem einzigen gleichartigen Körper, sondern er wird meistens durch eine mechanische Mischung von mindestens zwei Körpern gebildet; sofern nicht die erforderliche Bildsamkeit die Folge einer Erwärmung des Kitts ist (welcher Fall verhältnißmäßig selten vorkommt), ist es zur Erreichung jener Bildsamkeit nothwendig, daß mindestens einer jener Körper im flüssigen, ein anderer im festen Zustande gegenwärtig sei und daß somit durch die Mischung beider ein teigartiger Zustand hervorgerufen werde.

Bisweilen, aber doch ziemlich selten, beschränkt sich der Vorgang, welcher das Erhärten herbeiführt, auf einen Verdunstungsproceß des als wirkliches Lösungsmittel benutzten flüssigen Bestandtheils des Kitts; oder auf eine Abkühlung des im erhitzten Zustande bildsamen, im kalten Zustande harten Kitts (z. B. des Siegellacks); meistens sind es wirkliche chemische Einwirkungen der Bestandtheile auf einander, deren Wirkung wir in dem Erhärten vor Augen sehen, obschon die stattfindenden Vorgänge selbst nicht immer schon genügend studirt worden sind.

Die Verbindung durch Kitten ist zwar einfacher als das Löthen, pflegt aber auch weniger dauerhaft als eine gute Löthung zu sein, insbesondere wenn die dadurch verbundenen Gegenstände heftigen Erschütterungen oder gar Formveränderungen unterworfen sind. Man benutzt sie daher vorwiegend in solchen Fällen, wo größere Fugen zwischen solchen Körpern geschlossen werden sollen, die in ihrer Lage gegen einander gesichert und erheblicher Beanspruchung der Festigkeit innerhalb der Kittfuge nicht ausgesetzt sind; oder auch zur Befestigung verschiedenartiger Körper an einander (Metall an Stein, Glas, Leder; Holz an Glas, u. dergl. m.).

Reinheit der Verbindungsflächen ist auch beim Kitten Bedingung, wenn die Arbeit gelingen soll. Im Uebrigen ist das Arbeitsverfahren ein ziemlich einfaches und der Schwerpunkt des Gelingens liegt in der Bereitung des Kitts.

Beispiele.

Eisenkitt oder **Rostkitt**, zur Verdichtung oder Verbindung eiserner Gegenstände vielfach benutzt, ausgezeichnet durch Billigkeit und große Härte. Seine

Wirkung beruht vornehmlich auf der Bildung basischer Eisensalze bei Einwirkung schwacher Säuren auf überschüssiges Eisen. Man erhält denselben durch Mengung von 100 Theilen feingesiebten Eisenfeilspänen mit 1 Theil Salmiak und Anrühren der Masse mit Essig bis zur dickbreiigen Consistenz; oder 60 Thle. Eisenfeilspäne, 2 Thle. Salmiak, 1 Thl. Schwefelblumen mit Essig oder schwefelsäurehaltigem Wasser; oder ähnliche Mischungen. Sehr bald nach dem Anrühren verräth eine eintretende Erwärmung den Beginn der chemischen Reaction und der Kitt muß nun rasch verbraucht werden; nach 12 bis 24 Stunden ist derselbe schon ziemlich fest und nach 3 bis 4 Tagen steinhart, so daß er nur mit großer Mühe wieder zu entfernen ist. Auch in höherer Temperatur behält dieser Kitt seine Dauerhaftigkeit und man benutzt ihn deshalb u. a. mit Vortheil zum Verdichten der einzelnen Rohre gußeiserner Winderhitzungsapparate in den Muffen.

Mennigekitt, bestehend aus Mennige, welche mit dickem Leinölfirniß zu einem steifen Brei angerieben wurde, wird im Maschinenbau vielfach zum Verdichten von Fugen zwischen Flantschen u. s. w. benutzt. Er erhärtet langsamer als Rostkitt und läßt sich einige Zeit zum Gebrauche aufbewahren. Auch Bleiweiß wird statt der Mennige benutzt.

Diamantkitt, dem vorigen ähnlich, besteht aus 10 Thln. Schlemmkreide, 15 Thln. Bleiglätte, 50 Thln. Graphit, 5 Thln. zerfallenen Aetzkalk. Die Bestandtheile werden feingepulvert und mit 20 Thln. Leinöl angemengt. Vor dem Gebrauche wird dieser Kitt, welcher außerordentlich haltbar ist, erwärmt.

Glycerinkitt, durch Verreiben von geschlämmter trockner Bleiglätte mit Glycerin dargestellt, wird binnen 10 bis 30 Minuten hart, ist widerstandsfähig gegen Wasser und Säuren, erträgt Temperaturen bis zu 270° C. und eignet sich besonders gut zur Befestigung von Eisen auf Eisen, Eisen in Stein, Glas, Porcellan u. s. w.

Thonkitt, zum Verkitten von Gegenständen, welche hohen Temperaturen ausgesetzt sind (Stubenöfen, Gasretorten u. a.) geeignet: 5 Thle. Glaspulver, 5 Thle. Chamottemehl, 1 Thl. Borax mit Wasser zu einem Brei angerührt; oder 10 Thle. Thon, 15 Thle. Ziegelmehl, 4 Thle. Hammerschlag, 1 Thl. Kochsalz, $^1/_4$ Thl. Kälberhaare mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt; oder ähnliche Mischungen.

Käsekitt (Caseïnkitt), zum Verkitten von Metall in Stein gut geeignet, wird durch Vermischen von ganz frischem, weichem Käse mit 20 bis 25 Proc. gebranntem Kalk und Wasser dargestellt.

Leimkitt zum Verkitten von Metallen mit Holz, Glas ꝛc. benutzt: heiße concentrirte Leimlösung mit $^1/_8$ bis $^1/_6$ Volumen venetianischem Terpentin vermischt und heiß verbraucht; oder (zur Befestigung von Leder auf Metall) eine Abkochung von Galläpfeln in 8 Thln. destillirtem Wasser wird heiß auf das Leder gestrichen, das erwärmte Metallstück mit heißer concentrirter Leimlösung bestrichen und dann das Leder fest auf das Metall gedrückt.

Harzkitt zur Befestigung von Messerklingen oder ähnlichen Werkzeugen in den Heften: 2 Thle. Schellack mit 1 Thl. Schlemmkreide vermischt, werden in

die Oeffnung des Hefts eingeschüttet, worauf man das erhitzte Ende des Metallgegenstandes in das Gemenge eindrückt. Harzkitt zum Befestigen von Holz auf Metall wird dargestellt durch Zusammenschmelzen von 4 Thln. schwarzem Pech mit 1 Thl. Schwefel und Einrühren eines Gemenges von Eisenfeilspänen und Ziegelmehl in die geschmolzene Masse. Derselbe wird heiß verwendet.

7) Literatur.

A. Größere Werke.

Karmarsch-Hartig, Handbuch der mechanischen Technologie, 5. Aufl., Hannover 1875, Bd. 1, S. 5, 145, 186, 401 (Schweißen); 158, 165, 212, 536 (Plattiren); 387, 398 (Löthen); 295, 402 (Kitten).

Fridolin Reiser, Das Härten des Stahls in Theorie und Praxis. Leipzig 1881. S. 124 bis 128 (Schweißen des Stahls).

Edmund Schlosser, Das Löthen und die Verarbeitung der Metalle. Wien, Pest, Leipzig. Hartleben's Verlag.

Siegmund Lehner, Die Kitte und Klebmittel. Wien, Pest, Leipzig. Hartleben's Verlag.

Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, 3. Aufl., bearbeitet von Kick und Gintl, Bd. 4, S. 765 (Kitten).

H. v. Fehling, Neues Handwörterbuch der Chemie. Braunschweig 1881, Bd. 3, S. 969 (Kitte).

B. Abhandlungen.

Ueber Schweißen und Plattiren:

R. Wagner, Wasserglas als Ersatzmittel des Borax beim Schweißen und Löthen. Würzburger Gemeinnützige Wochenschrift 1857, Nr. 25, Dingler's Polyt. Journal, Bd. 145, S. 238.

Schweißen mittelst hydraulischer Pressen. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 152, S. 468.

Piatoff, Das Schweißen des Eisens mittelst Walzen. Armengaud, Génie industriel 1860, p. 152; Dingler's Polyt. Journal, Bd. 158, S. 157.

W. M. Williams, Ueber Schweißen, Dingler's Polyt. Journal, Bd. 214 S. 163 (aus Iron, Juli 1874, S. 34).

A. Ledebur, Das Schweißen des Eisens, Berg- und Hüttenm. Zeitung. 1875, S. 45.

Ph. Rust, Schweißen des Kupfers, Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt 1868, S. 527, Deutsche Industriezeitung 1868, S. 445, Dingler's Polyt. Journal, Bd. 190, S. 170.

Das Schweißen des Kupfers, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 1875, S. 1364, Deutsche Industriezeitung 1877, S. 308, Dingler's Polyt. Journ.. Bd. 230, S. 88.

Ph. Rust, Schweißmittel für englischen Gußstahl, Baiersches Industrie- und Gewerbeblatt 1880, S. 12.

W. Spring, Recherches sur la proprieté, que possèdent les corps de se souder sous l'action de la pression. Bulletin de

'Académie royale de Belgique, série II, t. 49, livr. 5; auch als Sonderabdruck bei F. Hayez in Bruxelles 1880; auszugsweise in der Ztschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1881, S. 187.

Krupp's Vorrichtung zum Schweißen von Blech. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 235, S. 22.

C. Bromeis, Ueber das Plattiren mit Platin. Dingler's Polytechn. Journ., Bd. 116, S. 283.

Paul Morin, Ueber das Plattiren des Aluminiums mit Metallen und umgekehrt. Armengaud, Génie industriel, Juli 1861, p. 14; daraus Dingler's Polyt. Journ., Bd. 161, S. 206.

Th. Fleitmann, Verfahren zum Schweißen von Eisen, Stahl, Kupfer und Legirungen des letzteren mit Nickel, Kobalt und den Legirungen derselben. Deutsches Reichspatent Nr. 13304; Oesterreichische Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 203.

Meugy, Das Schweißen des Gußeisens behuf Wiederherstellung gebrochener Kaliberwalzen. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 160, S. 40, Polyt. Centralblatt, 1861, S. 1160.

Ueber Löthen:

Otto Liebbrat, Ueber Löthen mit Knallgas. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1861, S. 93 (Verbindung von Bleiplatten durch Zusammenschmelzen).

Cl. Winkler, Ueber das Löthen mit Gas. Deutsche Industriezeitung 1871, S. 182 (wie die vorige Abhandlung, auch das Schweißen von Platin behandelnd).

W. v. Schwarz, Entdeckung eines Verfahrens, das Aluminium zu löthen. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 151, S. 386.

W. v. Schwarz, Neue praktische Erfahrungen im Löthen und Verarbeiten des Aluminiums. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 157, S. 445.

Barreswil, Sur un nouveau procédé de soudure de l'aluminium par Mr. Mourey. Bulletin de la Société d'Encouragement 1862, p. 393; auch in Dingler's Polyt. Journ., Bd. 166, S. 205.

Dr. Müller, Ueber die Anwendung der Phosphorsäure als Löthmittel. Polyt. Centralbl. 1856, S. 321, Dingler's Polyt. Journal, Bd. 139, S. 463.

Carl Appelbaum, Ueber das Schlageloth. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 153, S. 421.

Fr. Scheefer, Verbesserte Art des Löthens unter Anwendung von Chlorzink. Allgemeiner deutscher Telegraph 1860, S. 112; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 157, S. 315 (ein Zusatz von Stärkemehl zu der Chlorzinklösung empfohlen).

C. Kaiser, Ueber das Löthen mit Chlorzink. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 182, S. 425.

Basse's Löthlampe, Armengaud, Génie industriel 1867, S. 329; Dingl. Polyt. Journ. 185, S. 346.

Ph. Rust, Ueber das Löthen von Eisen und Stahl. Baiersches Industrie- und Gewerbeblatt 1873, S. 71; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 207, S. 426.

Neuerungen an Gaslöthkolben. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 237, S. 188.

Howe's Löthmaschine. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 223, S. 250.

Abbas, Ueber Hartlöthen und Hartlothe. Baiersches Gewerbeblatt, 1875, S. 114; Polyt. Centralbl. 1875, S. 742.

Vorrichtungen zum Löthen mit Gas. Metallarb. 1881, S. 137.

Löthkolben und ähnliche Apparate mit Selbstheizung. Metallarb. 1881, S. 241.

George M. Hopkins, Soldering. Scientific American 1876, Supplement, Volume 1, p. 318.

Ueber Kitten:

R. Wagner, Ueber Caseïnkitt. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 140, S. 301.

Altmütter, Mittel zum Aufeinanderkitten kleiner dünner Blechplättchen. Mitth. d. Gewerbever. für Hannover 1856, Heft 11; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 139, S. 464.

Davy's neuer Kitt. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 147, S. 238 (aus Cosmos, Revue encyclopédique 1858, t. XII, p. 41).

H. Creuzburg, Ueber Kittmaterialien. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 163, S. 195.

Dr. Jünemann, Kitt, welcher schnell erhärtet und dann dem Feuer und Wasser widersteht. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 178, S. 461.

Armenischer oder Diamantkitt. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 178, S. 471.

Th. Morawski, Ueber den Glycerinkitt. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 235, S. 213.

Koller, Praktische Erfahrungen über die Verwendbarkeit von Kitten. Zeitschrift für Blechindustrie 1877, S. 271; Baierisches Gewerbeblatt 1877, S. 259.

Praktische Bemerkungen über die Kitte für metallindustrielle Zwecke. Metallarbeiter 1880, S. 18.

Vierter Abschnitt.

Galvanotechnik (Galvanoplastik).

I. Lehrsätze.

1. Führt man einen galvanischen Strom durch einen im flüssigen Zustande befindlichen zusammengesetzten Körper derartig, daß die mit den beiden Polen des Stromerzeugers verbundenen Leitungsdrähte, ohne sich zu berühren, in jenen Körper eintauchen, so findet eine chemische Zersetzung desselben statt, indem an jedem eingetauchten Ende ein bestimmter Bestandtheil sich ausscheidet. Erforderlich ist, wie sich von selbst versteht, daß der zu zersetzende Körper leitungsfähig für den Strom sei.

2. Die soeben erwähnte Zersetzung durch den galvanischen Strom heißt **Elektrolyse,** die Flüssigkeit, welche zersetzt wird, der **Elektrolyt;** dasjenige Ende des Leitungsdrahts, durch welches der positive Strom in die Flüssigkeit eintritt, heißt die **Anode,** das andere Ende, welches mit dem negativen Pole der Elektricitätsquelle in Verbindung steht, die **Kathode;** beide gemeinschaftlich heißen **Elektroden.** Die Ausdrücke „Anode“ und „Kathode“ werden in der Praxis bei galvanischen Arbeiten alltäglich angewendet und müssen auch dem dabei beschäftigten Arbeiter geläufig sein. Weniger häufig gebraucht man in der Praxis die wissenschaftlichen Ausdrücke für die bei der Elektrolyse abgeschiedenen Körper: **Anion** heißt der an der Anode, **Kation** der an der Kathode sich abscheidende Bestandtheil. Das Anion bildet, wie bekannt, den elektronegativen, das Kation den elektropositiven Bestandtheil der zerlegten Verbindung.

3. Aus Lösungen vieler Metallsalze lassen sich durch Zerlegung vermittelst des galvanischen Stroms die Metalle an der Kathode in fester Form ausscheiden; dieser Vorgang bildet die Grundlage der Galvanotechnik.

4. Der Zweck der Metallausscheidung auf galvanischem Wege kann ein dreifacher sein:

a. Die Gewinnung des Metalls (z. B. Kupfers). Für die Verarbeitung der Metalle kommt dieser Proceß außer Betracht.

b. Die Herstellung einer zusammenhängenden, verhältnißmäßig dicken Metallschicht als genauen Abdruck der für diesen Fall bestimmt geformten Kathodenfläche, welcher, von der letzteren abgelöst, als Gebrauchsgegenstand zu dienen bestimmt ist (**Galvanoplastik im engeren Sinne**). Es tritt also in diesem Falle die Galvanoplastik an die Stelle des Gießens, Hämmerns, Prägens 2c. nach einem vorhandenen Modelle, sie ist eine vervielfältigende Kunst, deren Erzeugnisse genauer als bei irgend einer anderen der erwähnten Arbeiten das Original wiedergeben.

c. Die Herstellung eines Ueberzuges aus dem durch Zerlegung der Lösung abgeschiedenen Metalle (Gold, Silber, Kupfer, Messing u. v. a.) auf einem anderen, bereits zu einem Gebrauchsgegenstande geformten Metalle zum Zwecke der Verschönerung desselben (**Galvanostegie**). Dieser Zweig der Galvanotechnik ersetzt also theils das schon im vorigen Abschnitte besprochene Plattiren, theils einige andere im nächsten Abschnitte zu erwähnende Arbeiten für Herstellung metallischer Ueberzüge; er hat vor allen diesen eine größere Mannigfaltigkeit der als Ueberzug zu benutzenden Metalle und vor dem Plattiren den großen Vortheil voraus, daß nicht, wie bei jenem, das Zwischenproduct sondern erst der in seiner Form fertige Gegenstand überzogen wird, mithin auch die Verluste an verbrauchtem Metall und Arbeit in Wegfall kommen, welche durch Abfall- und Ausschußstücke bei der Verarbeitung plattirter Bleche unvermeidlich sind. Dagegen sind durchschnittlich die auf galvanischem Wege erzeugten Ueberzüge aus sogleich zu erörternden Gründen weniger geeignet als jene, einen Schutz für das überzogene Metall gegen äußere (chemische) Einwirkungen zu bilden.

5. Die Beschaffenheit der auf galvanischem Wege ausgeschiedenen Metalle ist entweder pulverig oder dicht zusammenhängend und in erster Reihe von der Beschaffenheit der angewendeten Lösungen abhängig. Für die Galvanotechnik sind natürlich nur solche Lösungen brauchbar, welche zusammenhängende Niederschläge liefern. Aber auch diese letzteren bestehen, wie sich bisweilen schon mit unbewaffnetem Auge erkennen läßt, aus lauter einzelnen, wirr, filzartig an einander gereihten Krystallen, deren Zusammenhang jedoch nicht so innig ist, daß nicht auch Zwischenräume zwischen ihnen geblieben wären. **Aus diesem Grunde besitzt ein auf galvanoplastischem Wege erzeugter Metallniederschlag, er möge als selbstständiger Gebrauchsgegenstand oder als Ueberzug eines anderen dienen, weder die Festigkeit noch die Undurchdringlichkeit gegen Gase und Flüssigkeiten als das gegossene oder gar das gehämmerte, gewalzte, geprägte Metall**; und es erklärt sich hieraus die schon erwähnte Thatsache, daß ein galvanischer Ueberzug nicht in dem Maße als ein auf trockenem Wege erzeugter befähigt ist, als Schutz für das darunter liegende Metall zu dienen. Durch nachfolgende mechanische Bearbeitung (Hämmern, Pressen, Poliren), sofern dieselbe überhaupt anwendbar ist, läßt sich jedoch die Festigkeit wie die Dichtigkeit des galvanisch niedergeschlagenen Metalls in erheblichem Maße steigern.

6. Diejenige Kraft, welche in den verschiedenen galvanischen Apparaten eine Scheidung der entgegengesetzten Elektricitäten und somit die Entstehung des galvanischen Stroms bewirkt, nennt man **elektromotorische Kraft**.

Die Stärke des erzeugten Stroms, d. h. die Elektricitätsmenge, welche an einer bestimmten Stelle eines Leiters in der Zeiteinheit denselben durchströmt, ist direct proportional der elektromotorischen Kraft und umgekehrt proportional dem Leitungswiderstande (Ohm'sches Gesetz). Der gesammte Leitungswiderstand ist gleich der Summe der Leitungswiderstände in dem Elektricitätserzeuger (innerer Widerstand) und dem Leitungsdrahte (äußerer Widerstand). Bezeichnet man das Maß der elektromotorischen Kraft mit E, den inneren Widerstand mit W, den äußeren mit w, so ist die Stromstärke

$$S = \frac{E}{W + w}.$$

Eine vorhandene elektromotorische Kraft wird also um so besser ausgenutzt werden können, auf ein je kleineres Maß man die Leitungswiderstände beschränken kann. Das Maß der elektromotorischen Kraft nun wächst mit der Zahl der einzelnen zu einer „Batterie" verbundenen Stromerzeuger (Elemente), nicht mit ihrer Größe; umgekehrt vergrößert sich der innere Leitungswiderstand mit der Zahl der Elemente und verringert sich mit der Größe derselben. Es folgt hieraus, daß für Zahl und Größe der angewendeten Elemente eine Grenze gegeben ist, abhängig von der Größe des gesammten Leitungswiderstandes, welche zu überschreiten nutzlos sein würde; und ferner, daß mit zunehmendem äußerem Leitungswiderstande auch die Zahl der Elemente vergrößert werden muß, wenn die Stromstärke gleich bleiben soll. Das Maximum der Stromstärke von einer gegebenen Metalloberfläche in der Batterie erhält man, wenn der innere und äußere Leitungswiderstand einander gleich sind [1]). Da nun bei galvanotechnischen Arbeiten der äußere Leitungswiderstand wegen der Dicke der Flüssigkeitsschichten, welche der Strom zu durchdringen hat, ohnehin ziemlich beträchtlich ist, so ist zur Erzielung starker Ströme für diesen Zweck eine größere Zahl kleinerer Elemente (mit größerem innern Widerstande aber auch größerer elektromotorischer Kraft) im Allgemeinen vortheilhafter als eine geringere Zahl größerer.

Der Leitungswiderstand, innerer wie äußerer, ist abhängig von dem Querschnitte und der Länge des Leiters sowie von dem Materiale desselben. Mit der Größe des Querschnitts verringert sich, mit der Länge vergrößert sich der Widerstand in geradem Verhältnisse. Daher wähle man nicht zu dünne Leitungsdrähte und verlängere die Leitung nicht unnöthig. Wie verschieden die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Metalle ist, wie sehr dieselbe durch Legirung mit selbst geringen Mengen fremder Metalle geschädigt werden kann, ergiebt sich aus den Mittheilungen Bd. 7, S. 62 ff., sowie in diesem Bande, S. 49. Kupfer, und zwar möglichst reines Kupfer, ist hiernach bei der Kostspieligkeit des noch besser leitenden Silbers das geeignetste Material für Leitungsdrähte.

Ein Umstand, der besonders von Anfängern in galvanotechnischen Arbeiten gar häufig nicht gebührend berücksichtigt wird und welcher schon das Mißlingen

[1]) Den ziemlich einfachen Beweis für diesen Lehrsatz liefert jedes physikalische Lehrbuch; u. a. in sehr leicht verständlicher Weise Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 8. Auflage, bearbeitet von Dr. L. Pfaundler, Bd. 3, Braunschweig 1881, S. 305 bis 309.

manches Versuchs zur Folge gehabt hat, ist die erhebliche Vergrößerung des Leitungswiderstandes durch ungenügende Berührung der in den Leitungen mit einander zu verbindenden Theile. Die kleinste Menge oxydischer Körper, Fett u. dergl. an der Oberfläche der sich berührenden Metalltheile vermag eine merkliche Beeinträchtigung der Stromstärke hervorzurufen. Man sorge also vor der jedesmaligen Benutzung der Metalltheile durch Abreiben mit Schmirgelleinen oder Abbeizen in Schnellbeize (Gemisch aus 2 Thln. Salpetersäure und 1 Thl. englischer Schwefelsäure) für Herstellung einer vollkommen reinen Oberfläche, durch festes Anziehen der Klemmschrauben, mit denen man die Verbindung zu bewirken pflegt, für Erreichung eines dichten Anschlusses; u. s. f.

7. Die Stärke eines Stroms ist in allen Theilen seiner Leitung die nämliche; mit anderen Worten: durch jeden Querschnitt der Leitung, er mag groß oder klein sein, fließt eine gleiche Menge von Elektricität.

Das Verhältniß zwischen der Stromstärke und dem Querschnitte des Leiters, welchen der Strom durchfließt, giebt die **Dichtigkeit des Stroms**. Je größer also innerhalb einer zu zersetzenden Flüssigkeit die Oberfläche der Anode beziehentlich Kathode ist, desto weniger dicht ist an denselben der elektrische Strom. Auf den Verlauf der Zersetzung ist die Dichtigkeit des Stroms nicht ohne Einfluß.

8. Die durch gleich starke Ströme zersetzten Mengen verschiedener Elektrolyte, also auch die Mengen der an den Elektroden ausgeschiedenen Bestandtheile, verhalten sich wie ihre chemischen Aequivalente. Umgekehrt verhalten sich die Mengen der durch zwei verschieden starke Ströme zersetzten Elektrolyte gleicher Beschaffenheit wie die Stromstärken (Elektrolytisches oder Faraday'sches Gesetz).

Durch sogenannte sekundäre Vorgänge (Aktionen) werden allerdings nicht selten die Ergebnisse dieses Gesetzes getrübt. Zersetzt man z. B. ein Alkalisalz in wässeriger Lösung durch den galvanischen Strom, so zerlegt das an der Kathode frei werdende Metall sofort wieder das Wasser und es entweicht hier Wasserstoff. Bei der Zersetzung des Wassers entsteht mitunter durch den frei werdenden Sauerstoff Wasserstoffsuperoxyd, welches in der Flüssigkeit zurückbleibt, und die Menge des an der Anode entweichenden Sauerstoffs ist demnach im Verhältnisse zu dem an der Kathode gebildeten Wasserstoff geringer als sie rechnungsmäßig sein müßte. Zerlegt man Bleiacetatlösung unter Anwendung von Elektroden, welche von Essigsäure nicht gelöst werden, z. B. aus Platin, so entsteht zunächst an der Anode Essigsäure und Sauerstoff, an der Kathode Blei; der frei gewordene Sauerstoff aber oxydirt eine entsprechende Menge gelösten Bleis und auf der Anode erscheint ein Ueberzug von Bleisuperoxyd. Ebenso kann man aus Lösungen von Mangan-, Wismuth- und anderen Salzen Superoxyde an der Anode ausscheiden.

Auch die Auflösung der Anoden, sofern sie aus Metallen bestehen, welche von den an ihnen ausgeschiedenen Körpern in lösliche Verbindungen umgewandelt werden können, gehört zu diesen sekundären Vorgängen. Zerlegt man ein Kupfersalz unter Anwendung einer Kupferanode, so wird von der letzteren ebensoviel Kupfer wieder aufgelöst als an der Kathode abgelagert wird; benutzt man ein anderes Metall, welches ebenfalls lösliche Salze mit dem ausgeschiedenen elektro-

negativen Bestandtheile liefert, so löst sich eine dem ausgeschiedenen Kupfer chemisch äquivalente Menge desselben. Während die zuerst erwähnten sekundären Vorgänge vielfach störend auf den Verlauf der galvanotechnischen Arbeiten einwirken, ist der letztere meistens erwünscht; denn er giebt ein Mittel, die Concentration der zu zersetzenden Lösung annähernd constant zu erhalten, indem man als Anode ein gleiches Metall wählt, als an der Kathode ausgeschieden wird. Die Erfahrung lehrt allerdings, daß auch dieser Vorgang nicht immer genau in derselben Weise stattfindet und deshalb bei vielen Lösungen von Zeit zu Zeit eine Anreicherung des Metallgehalts, beziehentlich auch des Lösungsmittels, falls dieses selbst zersetzt wurde, stattfinden muß.

Nicht immer ist man im Stande, den Verlauf der sekundären Aktionen im Voraus mit Sicherheit zu bestimmen, da die Ursachen derselben nicht immer bekannt sind. Von großem Einflusse hierbei ist die Stromstärke und die Stromdichtigkeit; also die Größe der Anoden und Kathoden bei gegebener Stromstärke.

9. Schon durch einfache Berührung zweier Metalle werden dieselben entgegengesetzt elektrisch. Die sogenannte Spannungsreihe, welche uns das diesbezügliche Verhalten der Metalle unter einander vor Augen führt, ist für die bei galvanotechnischen Arbeiten in Frage kommenden Metalle folgende:

+ Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin —.

Das heißt also: jedes in der Reihe einem anderen Metalle nachfolgende Metall wird bei der Berührung mit diesem negativ, das vorausgehende positiv elektrisch; und zwar ist die Elektricitätserregung um so stärker, je weiter die beiden Metalle in der Reihe von einander entfernt sind. Durch Eintauchen in Flüssigkeiten ändert sich mitunter die Spannungsreihe. So z. B. fand Poggendorff in Cyankaliumlösung folgende Reihe:

+ Zink, Kupfer, Zinn, Silber, Nickel, Blei, Eisen, Platin, Gußeisen —.

Es erklären sich aus diesem Verhalten mancherlei Erscheinungen bei galvanotechnischen Arbeiten. Löthet man ein Metall mit einem Lothe, welches in der betreffenden Flüssigkeit positiv elektrisch wird und benutzt es als Kathode, so entsteht an der Löthstelle kein Niederschlag, das Loth aber wird angegriffen; (z. B. Eisen mit Schnellloth, in manchen Lösungen auch mit Hartloth); umgekehrt kann mitunter, wenn das gelöthete Metall positiv elektrisch wird, dieses in der Umgebung der Löthstelle frei von dem Metallniederschlage bleiben, während an dem Lothe sich Metall absetzt. Auch bei stark gesaigerten Legirungen treten mitunter Stellen hervor, wo unter der Berührung der verschiedenartigen Metalle eine ähnliche Wirkung erkennbar wird.

II. Die stromerzeugenden Apparate.

Unter der großen Zahl der bekannten, zur Erregung des elektrischen Stroms benutzten Apparate sind nur verhältnißmäßig wenige geeignet, bei galvanotechnischen Arbeiten mit Vortheil benutzt zu werden. Theils sind es die hohen Anschaffungs-, theils die hohen Unterhaltungskosten, theils die geringe Leistung des einzelnen Apparats, theils die rasche Abnahme des damit erzeugten Stroms, welche sie von der Anwendung für jenen Zweck ausschließen. Die am häufigsten benutzten sind folgende.

Das Bunsen'sche Element, Fig. 63. Es besteht aus einem dichten Kohlenprisma *K* (aus dem Retortengraphit der Gasanstalten gefertigt) in einer porösen Thonzelle *T* und einem Zinkcylinder *Z*, außerhalb der Thonzelle in dem gläsernen

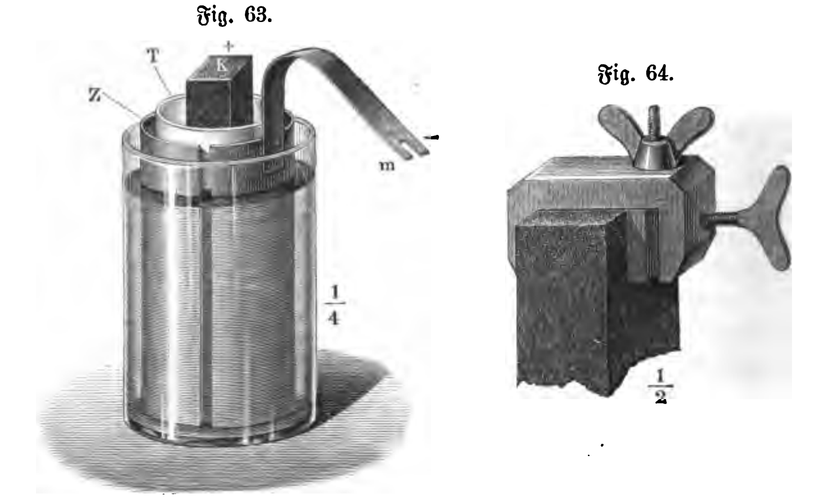


Fig. 63.

Fig. 64.

Becher stehend. Die Thonzelle wird mit starker Salpetersäure (1,3 bis 1,4 specif. Gewicht), der Becher außerhalb der Thonzelle mit ganz verdünnter Schwefelsäure (etwa ein Raumtheil englische Schwefelsäure auf 20 Raumtheile Wasser) gefüllt. Beim Zusammenstellen des Elements gießt man zuerst die verdünnte Schwefelsäure in das Glasgefäß und erst, wenn die Thonzelle dadurch befeuchtet ist, in diese die Salpetersäure. Damit das Zink nicht allzu rasch von der Schwefelsäure gelöst werde, ist es sehr zu empfehlen, dasselbe vor dem Gebrauche zu amalgamiren. Der Zweck läßt sich in sehr einfacher Weise erreichen, indem man Quecksilber in einer Schüssel mit etwas verdünnter Salzsäure übergießt, den Zinkcylinder hineinlegt und nun entweder darin umwendet, so daß nach und nach jede Stelle in das Quecksilber eingetaucht wird oder auch, indem man ihn mit einer in das Quecksilber getauchten Messingdrahtbürste abbürstet. Auch durch Eintauchen in eine

saure Quecksilberchloridlösung läßt sich die Amalgamirung bewirken. Von Zeit zu Zeit muß die Verquickung erneuert werden; oder man gießt eine Schicht Quecksilber auf den Boden des Glasbechers, so daß das Zink in dasselbe eintaucht und sich solcherart selbst amalgamirt erhält. Die Kosten der Verquickung werden reichlich durch den verringerten Zinkverbrauch aufgewogen. Zur Verbindung des Elements mit den Leitungsdrähten beziehentlich der Elemente unter sich, sofern mehrere derselben zu einer Batterie vereinigt werden sollen, pflegt an den Zinkcylinder ein Kupferstreifen *m* angelöthet zu sein, an dem man die Klemmschraube für den einen Draht befestigt, während das Kohlenprisma mit einem messingenen Armaturstücke wie es Fig. 64 darstellt, versehen wird. Durch festes Anziehen der rechts befindlichen Schraube drückt man die vorher sorgfältig gereinigte Platte gegen die Kohle; die obere Flügelmutter dient zum Festklemmen des Drahts.

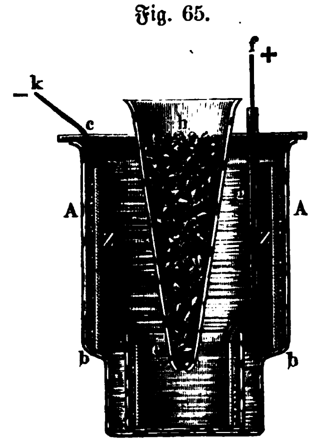
Der positive Strom geht vom Zink durch die Thonzelle zur Kohle und von hier durch den Leitungsdraht zur Flüssigkeit, welche zersetzt werden soll; mit der Kohle muß demnach die Anode, mit dem Zink die Kathode verbunden werden.

Das Bunsen'sche Element liefert einen Strom von bedeutender Stärke, so daß ein einziges Element bei sehr vielen galvanotechnischen Arbeiten vollständig ausreicht. Nur bei erforderlicher sehr großer Stromstärke vereinigt man zwei bis sechs Elemente zu einer Batterie. Die Wirkung des Elements bleibt mehrere Stunden annähernd unverändert, läßt dann aber merklich nach, und nach 24 stündiger Benutzung ist gewöhnlich eine neue Füllung mit Säure erforderlich. Unangenehm ist die bei der Benutzung eintretende Entwickelung von Untersalpetersäuredämpfen, durch Einwirkung des an der Kohle abgeschiedenen Wasserstoffs auf die Salpetersäurefüllung der Thonzelle hervorgerufen. Wo man sich daher Bunsen'scher Batterien bedient, ist es rathsam, dieselben nicht im Arbeitsraume selbst sondern in einem Anbau oder unter einem gut ziehenden Dunstabzuge aufzustellen.

Die Thonzellen müssen nach jedesmaligem Gebrauche gut ausgewässert werden, am besten durch Einlegen in fließendes Wasser.

Das Meidinger'sche Element, Fig. 65, enthält einen Zinkcylinder *Z* innerhalb des sich unten verengenden Glasgefäßes *A* und bei *b* aufruhend. In dem unteren engeren Theile des Gefäßes *A* befindet sich ein zweites kleineres Glasgefäß *d* und in diesem ein Kupferring *e*. Diesen Kupferring ersetzte Meidinger in neuerer Zeit durch einen solchen aus Bleiblech, der sich bald mit einer Kupferschicht überzieht und dann wie ein Kupferring wirkt. In der Mitte des Ganzen hängt in einem auf dem Rande des Gefäßes ruhenden Holzdeckel der Glastrichter *h* oder an Stelle desselben ein mit abwärts gerichtetem Halse versehener Glasballon, so daß sein unteres Ende in den Kupferring *e* hinabreicht; die untere Oeffnung dieses Trichters ist mit einem Korke verschlossen, in dessen Umfang einige Rinnen eingeschnitten sind. Der Trichter *h* wird mit

Fig. 65.



Kupfervitriolstücken, dann das Ganze mit Bittersalzlösung gefüllt. Der Kupfervitriol löst sich auf, und seine Lösung, welche specifisch schwerer ist als die Bittersalzlösung, füllt das Glas *d*, so daß das Kupfer sich innerhalb derselben befindet; darüber steht, den Zinkcylinder umgebend, die Bittersalzlösung. Eine Diffusion beider Lösungen findet nur sehr langsam statt. Auf diese Weise ist die Anwendung einer Thonzelle zwischen beiden Flüssigkeiten vermieden, welche bei Elementen mit Salzlösungen erfahrungsmäßig rasch unbrauchbar wird.

Das Meidinger'sche Element besitzt den Vorzug einer großen Beständigkeit, da es sich mehrere Monate hindurch benutzen läßt, ohne einer Nachfüllung zu bedürfen; seine Stromstärke aber ist nur ungefähr halb so groß als die eines Bunsen'schen Elements, so daß man fast immer genöthigt ist, für galvanotechnische Arbeiten mehrere solcher Elemente zu einer Batterie zu vereinigen. Wo regelmäßig fortlaufend Arbeiten ausgeführt werden, welche eines sehr starken Stroms nicht bedürfen, da ist das Meidinger-Element vorzugsweise an seinem Platze.

Die Fortleitung des Stroms erfolgt durch Kupferdrähte *f* und *k*, welche an die Cylinder aus Zink und Kupfer angelöthet sind. Da der am Kupfercylinder befestigte Draht durch die Bittersalzlösung hindurchgehen muß, so umgiebt man ihn, wie auch in der Abbildung angedeutet ist, mit einer isolirenden Guttaperchahülle oder einer Glasröhre.

Der positive Strom geht auch hier vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupferpole und durch dessen Leitungsdraht zu dem für die Zersetzung bestimmten Apparate (durch + und — Zeichen in der Abbildung angedeutet).

Thermoelektrische Batterien (Thermosäulen von Noë, Clamond u. A.) finden verhältnißmäßig wenig Anwendung für galvanotechnische Arbeiten. Die Leistung eines einzelnen Metallpaars ist außerordentlich gering und es dürfte eine Säule von mindestens 20 Paaren erforderlich sein, um die elektromotorische Kraft eines einzigen Bunsen'schen Bechers hervorzurufen; zur Erhitzung von 20 Paaren sind aber ebenso viele Gasflämmchen erforderlich, welche im Laufe des Tages eine nicht unbeträchtliche Menge Gas verbrauchen. Dadurch aber wird die Benutzung kostspielig.

Einer immer zunehmenden Benutzung auch für galvanotechnische Zwecke erfreuen sich dagegen **die dynamoelektrischen Maschinen.** Sie haben den großen Vortheil einer sehr gleichmäßigen Wirkung, so lange Tourenzahl und Beanspruchung sich gleich bleiben, bedürfen sehr weniger Reparaturen und sind einfach zu bedienen. Dagegen erfordern sie einen Arbeitsaufwand von einigen Pferdestärken und ihre Anschaffungskosten sind nicht unbedeutend. Diese Umstände lassen sie für einen Betrieb im Großen, welcher ununterbrochen fortgeht, geeigneter erscheinen als für ganz kleine Werkstätten, und besonders in solchen Fällen wird ihre Anwendung zweckmäßiger sein, wo eine schon vorhandene Elementarkraft (Wasser-, Dampfkraft 2c.) zu ihrem Betriebe mit in Benutzung gezogen werden kann.

Die Figuren 66 und 67 stellen eine neuere Form einer dynamoelektrischen Maschine dar (von W. E. Fein in Stuttgart; deutsches Reichspatent Nr. 13158). EE und $E_1 E_1$ sind die Elektromagnete, R ein aus einer größeren Anzahl ganz dünner, von einander isolirter Eisenscheiben zusammengesetzter Ring (durch diese

Anordnung soll die Entstehung der Foucault'schen Ströme und der dadurch hervorgerufenen Wärmeerzeugung vermieden werden), mit Drahtwindungen versehen. Dieser Ring ist an den Messingstern *S S* angeschraubt, welcher seinerseits auf der

Fig. 66.

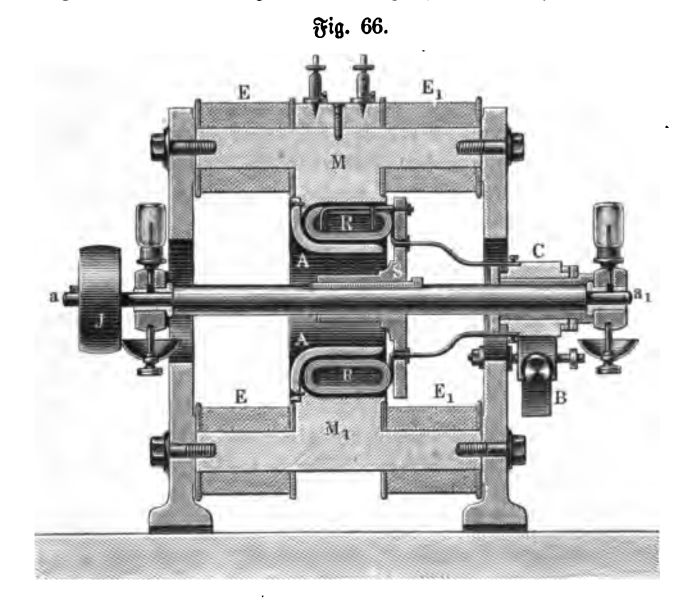
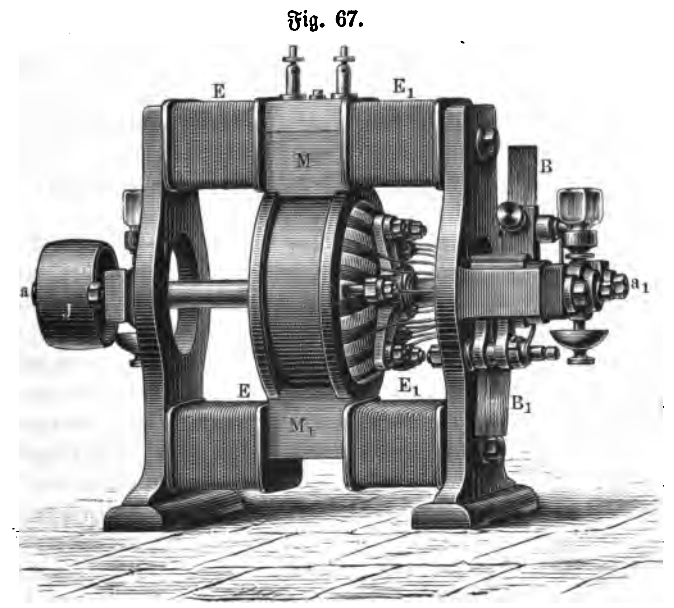


Fig. 67.



Achse $a a_1$ festgekeilt ist und durch die Riemenscheibe J in Umdrehung versetzt wird. Die Enden der Drahtspiralen auf dem Ringe R gehen theils durch isolirte Oeffnungen in den Speichen des Sterns, theils zwischen den letzteren hindurch zu dem auf der rechten Seite der Maschine befindlichen Commutator C, welcher die den Drähten von den Elektromagneten inducirten Ströme in bekannter Weise theilt und den Schleifbürsten B und B_1 zuführt. Um die inducirende Wirkung der Elektromagnete nach Möglichkeit auszudehnen, sind die Eisenkerne derselben zunächst mit den Armaturen M und M_1 verbunden, welche die äußeren Seiten des Ringes R umschließen; an diese sind außerdem noch die eisernen halbtrichterförmigen Polstücke $A A$ angeschraubt, welche in den Ring hineingreifen und auch hier Induction auf die Drahtwindungen ausüben.

Bei der Auswahl und Benutzung der stromerzeugenden Apparate ist der Umstand in Rücksicht zu nehmen, daß gemäß dem elektrolytischen Gesetze die Menge des ausgeschiedenen Metalls im geraden Verhältnisse zu der Stromstärke steht, man also, um in gleichen Zeiträumen gleich starke Niederschläge zu erhalten, einen um so stärkeren Strom anwenden muß, je größer die Oberfläche der Kathode ist, auf der sich das Metall ablagern soll. Während für kleine Gegenstände, Schmucksachen u. dergl., welche mit Gold oder Silber überzogen werden sollen, oft schon ein einziges Meidinger-Element ausreicht, muß man für große Gegenstände, z. B. schwere gußeiserne Ornamente, mitunter eine große Zahl Bunsen'scher Elemente zu einer kräftigen Batterie vereinigen, wenn nicht die Zeitdauer der Arbeit ungebührlich verlängert werden, ja auch die Qualität des Niederschlages darunter leiden soll. Denn bei gleich bleibender Stromstärke vermindert sich offenbar die Stromesdichtigkeit mit zunehmender Größe der Anoden beziehentlich Kathoden; und es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß diese Stromesdichtigkeit nicht ohne Einfluß auf die Beschaffenheit der Niederschläge sei. Bei allzu dichtem Strome (allzu starkem Strome im Verhältnisse zu der Größe der Elektroden) kann sich das Metall in Form von Pulver abscheiden, bei allzu dünnem Strome erfolgen oft mißfarbige Niederschläge.

Es folgt hieraus, daß es — wenigstens für einen regelmäßigen Betrieb — von Wichtigkeit ist, die Stromstärke in jedem Augenblicke controliren zu können; und dieser Zweck läßt sich durch Einschaltung eines Galvanometers in die Leitung an irgend einer geeigneten Stelle in einfacher Weise erreichen.

Aus der früher besprochenen Thatsache aber, daß das Maximum der Stromstärke bei einer Batterie oder einer dynamoelektrischen Maschine (oder, was dasselbe ist, die günstigste Ausnutzung des Apparats) alsdann erreicht wird, wenn der innere und äußere Leitungswiderstand einander gleich sind, folgt fernerhin, daß jene günstigste Ausnutzung auch nur bei einer bestimmten Größe der Kathoden erreicht werden kann (mit dem zunehmendem Querschnitte derselben verringert sich der äußere Leitungswiderstand) und man deshalb darnach trachten muß, diesem Umstande nach Möglichkeit Rechnung zu tragen.

Das zweckmäßigste Verhältniß zwischen der Größe der Anoden und derjenigen der Kathoden ist von der Beschaffenheit der Lösungen abhängig und nicht immer

gleich; im Allgemeinen jedoch befördern große Anoden die Schönheit der erzeugten Niederschläge, und es sollte deshalb die Fläche der in die Lösung eingehängten Anoden mindestens ebenso groß sein als die der Kathoden.

Als Anoden benutzt man aus den schon früher erörterten Gründen am besten Bleche aus denjenigen Metallen, welche aus den Lösungen niedergeschlagen werden sollen und verbindet sie in geeigneter Weise mit der Leitung.

III. Niederschläge ohne äußeren Strom.

Es ist bekannt, daß in manchen Fällen auch ohne Anwendung eines von außen her eingeleiteten Stroms sich aus der Lösung eines Metallsalzes das Metall ausscheidet, wenn ein anderes, stärker elektropositives Metall (vergl. die a. S. 223 mitgetheilte Spannungsreihe der Metalle) in die Lösung eingetaucht wird. Zink oder Eisen scheiden aus einer Kupferlösung metallisches Kupfer aus, Kupfer scheidet Silber, Gold oder Platin aus. Diese Ausscheidung erfolgt unter Auflösung äquivalenter Mengen des eingetauchten Metalls; damit sie vor sich gehen kann, ist es, wie sich von selbst versteht, erforderlich, daß die Lösung keine solche freie Säure enthalte, welche das ausgeschiedene Metall wieder auflösen würde.

In noch anderen Fällen, wo in der soeben erwähnten Weise eine Ausscheidung nicht gelingt, läßt sie sich herbeiführen, wenn man das eingetauchte Metall innerhalb der Flüssigkeit mit einem zweiten Metalle verbindet, unter dessen Berührung es negativ elektrisch wird. Es ist eine, allen Chemikern bekannte, sehr empfindliche Prüfung auf kleine Mengen Kupfer, daß man in die zu untersuchende mäßig saure Lösung (welche frei von Salpetersäure sein muß) einen Platindraht bringt, den man mit einem Eisendrahte in Berührung gebracht hatte; das Platin wird hierbei negativ elektrisch und überzieht sich mit Kupfer, auch wenn dessen Menge noch so unbedeutend ist; eine ähnliche Prüfung läßt sich auf Antimon und Zinn anstellen. Da das Zink in der Spannungsreihe die äußerste Stellung an der positiven Seite einnimmt, so ist dasselbe auch vor allen anderen Metallen geeignet, derartige Erscheinungen hervorzurufen, da jedes andere Metall unter der Berührung des Zinks um so stärker negativ elektrisch wird, je weiter es in der Spannungsreihe von diesem entfernt ist. Ein ganzer Haufen Stecknadeln in einer Zinnlösung von bestimmter Zusammensetzung, welche ohne Weiteres nicht auf dieselben wirkt, überzieht sich in einem Augenblicke mit einer weißen Zinnschicht, sobald man nur eine der Nadeln mit einem Zinkstäbchen berührt.

Nicht selten macht man in der Praxis von einem dieser beiden Vorgänge Gebrauch, um Metallüberzüge hervorzubringen und die Kosten der Batterie zu sparen. Geschieht die Metallausscheidung in der zuerst besprochenen Weise durch einfaches Eintauchen und Substitution des ausscheidenden Metalls durch eine äquivalente Menge von dem eingehängten, so nennt man das Verfahren Tauchverfahren oder, wenn Anwendung von Siedhitze dazu erforderlich ist, Ansieden; geschieht sie nach der letzteren Methode, d. h. durch Elektricitätserregung unter der

Berührung des eingehängten Metalls mit einem zweiten, stärker positiven Metalle, so spricht man vom Contactverfahren (Contactverzinnung ꝛc.).

Die nach einer dieser Methoden erzeugten Ueberzüge besitzen jedoch niemals die Stärke und somit die Dauerhaftigkeit derjenigen, welche sich unter Anwendung eines von außen zugeführten galvanischen Stroms herstellen lassen; einfach deshalb nicht, weil, sobald der Ueberzug sich zu bilden anfängt, die Oberfläche des eingehängten Metallstücks also der Berührung mit der Flüssigkeit entzogen wird, auch die Einwirkung nachlassen muß. Auch haften sie in manchen Fällen, besonders bei Anwendung des Tauchverfahrens, sehr ungenügend. Es erklärt sich diese Thatsache sehr leicht durch den Umstand, daß die Metalloberfläche in Folge der stattfindenden Substitution ununterbrochen aufgelöst und somit der Zusammenhang zwischen dem ausgeschiedenen und dem eingetauchten Metalle stets aufs Neue gelockert wird. Es eignen sich deshalb derartige Methoden nur für Herstellung solcher Ueberzüge, bei denen es weder auf Stärke noch auf Dauerhaftigkeit ankommt.

IV. Die Lösungen und das Arbeitsverfahren.

Auf die Beschaffenheit der entstehenden Niederschläge ist die Beschaffenheit der verwendeten Lösungen von allergrößtem Einflusse und die richtige Bereitung dieser Lösungen ist daher eine der wichtigsten Aufgaben des Galvanotechnikers. Sowohl der Concentrationsgrad als in noch weit höherem Maße die chemische Constitution der Lösungen sind hierbei maßgebend. Eine sehr schwache Lösung liefert selten gute Niederschläge; eine allzu starke Concentration ist wenigstens in manchen Fällen ebenfalls von Nachtheil. Die Praxis muß hier die Lehrmeisterin sein.

Hinsichtlich des Einflusses der chemischen Constitution der Lösungen vergegenwärtige man sich, daß aus solchen Lösungen, deren Bestandtheile selbst wieder auflösend auf das niederzuschlagende Metall wirken würden, überhaupt kein Niederschlag entstehen kann. Eisen wird von anorganischen Säuren mit Leichtigkeit gelöst; aus einer derartigen sauren Lösung wird demnach niemals ein Eisenniederschlag erfolgen können. Aluminium wird von Säuren wie von Alkalien gelöst; eine galvanoplastische Abscheidung des Aluminiums aus Lösungen ist deshalb überhaupt noch nicht mit Sicherheit gelungen. Je leichter das abzuscheidende Metall reducirbar ist, d. h. je geringer seine chemische Affinität zu den in der Lösung vorhandenen Stoffen, desto leichter wird im Allgemeinen die Abscheidung gelingen. Gold und Silber lassen sich deshalb unter allen Metallen verhältnißmäßig am leichtesten zur Ausscheidung bringen.

Auch der schon früher erwähnte Umstand kommt hier in Betracht, daß, wenn fest haftende Ueberzüge des einen Metalls auf dem anderen hergestellt werden sollen, dies nur in dem Falle gelingen kann, wenn das eingehängte Metall (die Kathode) nicht selbst von der Lösung angegriffen wird. Da nun die meisten Metalle widerstandsfähiger gegen alkalische als gegen saure Flüssigkeiten sind, so

erklärt es sich, weshalb man mit Vorliebe die ersteren benutzt; und zwar haben sich in dieser Beziehung in vielen Fällen Lösungen der Cyanmetalle in überschüssigem Cyankalium als besonders geeignet erwiesen.

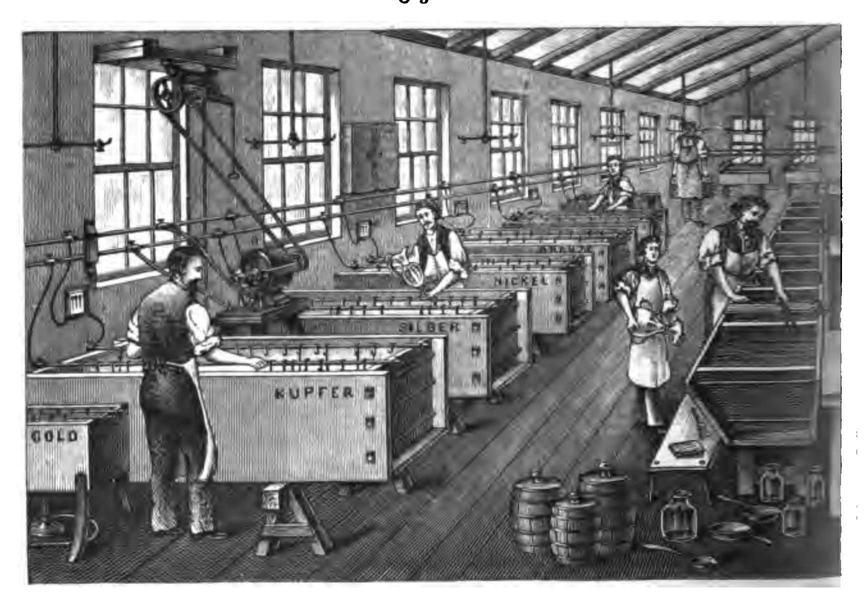
Die Ursachen, weshalb aus zwei verschieden zusammengesetzten Lösungen desselben Metalls, welche beide geeignet sind, Metallniederschläge zu liefern, doch oft ganz verschieden aussehende Niederschläge erfolgen können, sind bislang nur sehr ungenügend aufgeklärt. Auch die Wirkung gewisser Zusätze, organischer Verbindungen u. a., durch welche mitunter die Schönheit der Niederschläge erhöht werden soll, ist schwer erklärlich. Man muß hier den Thatsachen Rechnung tragen und die Erfahrungen der Praxis berücksichtigen.

Die meisten Lösungen geben kalt, d. h. in gewöhnlicher Zimmertemperatur, vollständig befriedigende Niederschläge (bei Temperaturen unter 10° R. dagegen verschlechtert sich fast immer der Erfolg merklich), bei anderen ist eine Erwärmung auf 60° und darüber von Vortheil. Es ist eigenthümlich, wie die Farbe des Niederschlages durch Erwärmen der Lösung mitunter geändert wird.

Als Gefäße für die Lösungen benutzt man, sofern die letzteren nicht erhitzt zu werden brauchen, Holzbottiche, gut gefügt und durch umgelegte eiserne Bände oder außerhalb angeordnete eiserne Queranker zusammengehalten. Für Lösungen, welche der Erwärmung bedürfen, bedient man sich entsprechend großer Gefäße aus Steingut, Porzellan oder auch emaillirtem Eisen, obschon letztere wegen des leichten Abspringens der Emaille nicht gerade als sehr zweckmäßig bezeichnet werden können; für Säuren (Beizflüssigkeiten) ist Steingut das geeignetste Material. In allen Fällen stellt man die Gefäße nicht unmittelbar auf den Fußboden, sondern erhöht auf Holzböcke, um sie vor Moder zu schützen und entstehende Undichtigkeiten sogleich wahrnehmen zu können. Zwei starke Kupferdrähte oder besser noch Röhren (weil diese bei gleichem Metallquerschnitte sich weniger leicht durchbiegen), welche auf dem Rande der Gefäße aufliegen und über die ganze Länge derselben sich erstrecken, werden mit den betreffenden Leitungen verbunden und dienen zum Tragen der Anoden und Kathoden; zur Herstellung einer großen Anodenfläche kann es auch zweckmäßig sein, zwei Reihen derselben an zwei parallelen mit der Leitung verbundenen Kupferstangen oder Röhren aufzuhängen, zwischen denen sich dann der dritte Stab für die Kathoden in der Mitte befindet. Fig. 68 (a. f. S.) stellt das Innere einer größeren galvanotechnischen Werkstatt mit den betreffenden Gefäßen und Leitungen dar. Bei *a* befindet sich die für den gesammten Betrieb dienende dynamoelektrische Maschine (Weston's Maschine), von einer an der Decke gelagerten Riemenscheibe mit Ausrückvorrichtung angetrieben; in der leicht ersichtlichen Weise gehen die Ströme von hier aus nach den beiden in der ganzen Länge der Fensterwand sich hinziehenden Hauptleitungsdrähten, von wo dann die Einzelleitungen nach den betreffenden Gefäßen in Form von Kupferdrähten abgezweigt sind, deren Enden mit Klemmschrauben an der Hauptleitung wie an den die Anoden und Kathoden tragenden Kupferstangen befestigt werden. Den Gefäßen gegenüber, welche die verschiedenen Lösungen enthalten und in der erkennbaren praktischen Anordnung ihren Platz unmittelbar neben den Fenstern haben, befindet sich eine zweite Reihe von Gefäßen, theils Beizflüssigkeiten, theils Kalkwasser (zur Neutralisation der vom Bei-

zen zurückgebliebenen Säuren), theils fließendes Wasser enthaltend, welches durch Rohrleitungen mit Hahnverschluß stets in beliebiger Menge zugeleitet werden kann. Abflußcanäle zur raschen Ableitung des verbrauchten Wassers wie der Chemikalien müssen an geeigneten Stellen angeordnet sein.

Fig. 68.



Bei dem Ankaufe der Chemikalien für die Lösungen trage man Sorge, möglichst reine Stoffe zu erhalten. Ersparniß durch Anwendung billigerer aber schlechterer Waare ist nirgends übler angebracht als bei galvanotechnischen Arbeiten. Nicht allein, daß man die in den unreinen Chemikalien enthaltenen fremden Stoffe mit bezahlen muß; man führt durch Anwendung derselben auch Körper in die Lösungen, welche den Erfolg der Arbeiten erheblich beeinträchtigen, ja wohl gar vereiteln können. Es gilt dieses ebensowohl von den Metallsalzen als den Lösungsmitteln, insbesondere von dem in großer Menge benutzten Cyankalium. Das gewöhnliche im Handel vorkommende Cyankalium ist oft halb verwittert und enthält in jedem Falle eine reichliche Menge fremder Salze; das gereinigte Cyankalium kostet zwar das Doppelte, man gebraucht aber eine bedeutend geringere Menge desselben, und erhält dabei schönere Niederschläge.

Die Metallgegenstände, welche mit Ueberzügen versehen werden sollen, müssen vollständig metallisch reine Oberflächen erhalten. Die Entfernung von Schmutz (Fett u. dergl.) geschieht, wo es angeht, durch Glühen, sonst durch Einlegen in kochende Sodalösung, die Entfernung der oxydischen, an der Oberfläche vorhandenen Körper durch Anwendung von Beizmitteln (Säuren). Für Eisen- und Zinkwaaren benutzt man ganz verdünnte Schwefelsäure (Verhältniß 1 : 50);

Kupfer, Messing und Bronze beizt man zunächst in stärkerer Schwefelsäure (1:10), dann ein bis zwei Secunden in sogenannter Schnellbeize aus 2 Thln. Salpetersäure und 1 Thl. engl. Schwefelsäure, spült rasch in Wasser ab und beizt wohl noch einmal in verdünnter Schwefelsäure nach; Neusilber wird zuerst in verdünnter Salpetersäure (1:10), dann in der erwähnten Schnellbeize gebeizt. Von Zeit zu Zeit müssen die Gegenstände aus der Beizflüssigkeit herausgenommen und sorgfältig mit Kratzbürsten aus Stahl- oder Messingdraht behandelt werden. Diese Kratzbürsten sind theils pinselartig gestaltet und an einem Holzstiele befestigt, theils wie eine wirkliche Bürste mit langem Stiele geformt, mitunter auch haben sie Walzenform und werden wie ein Schleifstein in rasche Umdrehung versetzt, während man das Arbeitsstück mit sanftem Drucke dagegen hält. Während des Gebrauchs werden die Kratzbürsten durch öfteres Eintauchen in Wasser oder besser noch in eine Abkochung von Seifenwurzel, auch wohl in einfaches Seifenwasser, feucht erhalten. Ein sorgfältiges Behandeln der Gegenstände mit der Kratzbürste, welches sich auf alle Stellen, ganz besonders auch auf alle Vertiefungen erstrecken muß, in welche man häufig nur mit kleineren Bürsten gelangen kann, trägt ungemein viel zur Erlangung schöner Ueberzüge bei, und ein länger fortgesetztes Beizen vermag keineswegs, wie manche Anfänger oft meinen, die Wirkung des Kratzens zu ersetzen. Insbesondere gilt dieses von gußeisernen Gegenständen, welche mit Ueberzügen aus fremden Metallen auf galvanischem Wege versehen werden sollen. Durch lange fortgesetztes Beizen wird das Gußeisen zwar vollständig zerfressen, ohne aber deshalb eine metallisch reine Oberfläche zu erhalten, wenn man nicht die Wirkung der Beizmittel durch energisches und an den richtigen Stellen angewendetes Kratzen unterstützt. Die durch Beizen und Kratzen gereinigten Gegenstände werden mit Wasser abgespült und dann gewöhnlich in die schon oben erwähnten Gefäße mit Kalkwasser gelegt. Berührung mit den Fingern bei allen diesen Arbeiten muß nach Möglichkeit vermieden werden.

Die sämmtlichen, zuletzt erwähnten, Arbeiten, welche die Herstellung einer metallisch reinen Oberfläche bezwecken, nennt man Decapirung.

Die aus den Bädern herauskommenden Gegenstände müssen schließlich, nachdem sie sorgfältig mit Wasser abgespült sind, getrocknet werden. Trockene und, wenn möglich, warme Sägespäne sind hierfür das geeignetste Mittel. Nachdem die Sägespäne die Feuchtigkeit aufgesogen haben und durch einen Pinsel entfernt worden sind, stellt man die Gegenstände in einen mäßig erwärmten Trockenschrank. Kleinere Gegenstände legt man auch wohl, statt sie mit Sägespänen zu behandeln, in kochendes Wasser, bis sie die Temperatur desselben angenommen haben. Beim Herausnehmen verdunstet alsdann die noch anhaftende Feuchtigkeit sehr rasch.

A. Galvanoplastik im engeren Sinne.

Man versteht hierunter, wie schon oben erwähnt wurde, die Herstellung von Metallgegenständen, bestehend aus galvanischen Niederschlägen von entsprechender Dicke, in einer leitend gemachten Form, welche nach beendigter Arbeit von dem

Gegenstande abgelöst wird. Erfinder der Galvanoplastik ist H. v. Jacobi, welcher 1838 die ersten galvanoplastischen Copien von Medaillen fertigte, nachdem allerdings Andere schon vor ihm auf die Möglichkeit einer solchen Methode hingewiesen hatten.

Die erste Arbeit muß also die **Herstellung der Form** sein. Es ist dazu ein Modell aus Gyps, Holz, Thon, Metall oder anderen Stoffen erforderlich, welches genau die Umrisse des herzustellenden Niederschlages besitzt. Für die Galvanos z. B. (fälschlich auch wohl Clichés genannt), mit denen heutzutage die Holzstiche fast aller illustrirten Werke und Zeitschriften (auch des vorliegenden Buchs) gedruckt werden, dient der vom Xylographen gefertigte Holzstich als Modell; von diesem Holzstiche wird eine Form gefertigt — gewissermaßen ein negativer Abdruck desselben — und in diese Form wird, nachdem sie leitend gemacht worden ist, das Metall niedergeschlagen, so daß solcherart eine getreue Wiedergabe des ursprünglichen Holzstichs in Metall entsteht. Das Abformen ist eine verhältnißmäßig einfache und leichte Arbeit, wenn, wie bei dem soeben erwähnten Beispiele, Flächen mit niedrigen Reliefs ohne Unterschneidungen als Modell vorliegen; die Schwierigkeit steigert sich jedoch erheblich, wenn stark hervortretende oder unterschnittene Formen oder gar volle profilirte Körper — Statuetten ꝛc. — abgeformt werden sollen. Wo es angeht, hilft man sich in solchen Fällen durch Zerlegung des Modells in so viele Stücke und in solcher Weise, daß ein Abheben der einzelnen Formstücke von den einzelnen Modelltheilen möglich ist und verbindet später die einzelnen Niederschläge wieder durch Verlöthung; oder, wenn das Modell nicht getheilt werden kann, theilt man wenigstens die Form in einzelne Stücke, so daß jedes derselben sich einzeln vom Modelle abheben läßt, und stellt nun entweder auf jedem dieser Formstücke die Niederschläge einzeln her, um sie später zu verbinden, oder man stellt auch wohl, was jedoch viel schwieriger ist, die einzelnen Formtheile zuerst zusammen, um den Niederschlag in einem einzigen großen Stücke zu erhalten.

Als Material für die Formen dienen verschiedene Körper.

Leichtschmelzige Metalllegirungen (Zinnbleiwismuthlegirungen, vergl. S. 47) werden mitunter zum Abformen flacher Reliefs — Münzen, Medaillen, Holzstiche ꝛc. — benutzt, sofern das Modell aus einem Materiale besteht, welches in der Schmelztemperatur dieser Legirungen unverändert bleibt. Man umgiebt das Modell mit einem Rande aus dünner Pappe und gießt das flüssige Metall hinein; oder auch man drückt das Modell in das im Erstarren begriffene Metall ein. Damit das niedergeschlagene Metall nicht an der Form hafte, überzieht man dieselbe mit Graphit.

Wachs oder Stearin werden ihrer bequemen Verarbeitung halber vielfach für kleinere, nicht unterschnittene Formen benutzt. Die Herstellung der Formen geschieht wie bei Anwendung von Metall, indem man einen Rand von Papier um das Modell herum bildet und die flüssige, nur wenig über ihren Schmelzpunkt erhitzte Masse hineingießt. Damit das Modell sich leicht von der Form ablöse, bestreicht man es zuvor ganz schwach mit Oel. Auch Gemische von Wachs mit Graphit, Kolophonium und Terpentin werden empfohlen; z. B. 10 Thle. Kolophonium werden geschmolzen, mit 20 Thln. Wachs und 20 Thln. dickem Terpentin

versetzt, alsdann rührt man in das geschmolzene Gemisch noch 50 Thle. feingepulverten Graphit und trägt die Masse mit dem Spatel auf das Modell auf.

Eine von Varrentrapp erfundene andere Methode, sehr geeignet zur Herstellung der Formen für die Galvanos von Holzstichen ist folgende. Man gießt zunächst auf einer eisernen, mit Rand umgebenen Platte das Wachs aus, welches mit etwa $^1/_5$ venetianischem Terpentin versetzt war, so daß es die Form einer glatten Platte von etwa 5 mm Stärke und etwas größer als die abzuformenden Holzstöcke, annimmt. Wenn dieselbe fast erkaltet ist, wird die Oberfläche mit etwas feingeschlämmtem Graphit überzogen und der betreffende Holzstock, welcher ebenfalls mit Graphit abgebürstet war, mit der Bildseite nach unten darauf gelegt. Unter kräftigem Drucke einer hydraulischen oder anderen Presse wird nun das Modell in das Wachs eingedrückt und man erhält auf diese Weise einen weit schärferen Abdruck als es durch Gießen zu erreichen möglich sein würde.

Die Formen aus diesen Stoffen — auch die gepreßten und schon theilweise mit Graphit überzogenen Wachsformen — müssen nun aber vor der Benutzung zunächst leitend für den elektrischen Strom gemacht werden. Man erreicht diesen Zweck durch sorgfältiges Bepinseln mit feingeschlämmtem Graphit (sibirischen, cumberländer oder passauer, nicht Ceylongraphit) mit Hülfe eines feinen, dicken Dachs- oder Fischpinsels, welcher, nachdem er in den Graphit getaucht wurde, in senkrechter Stellung gegen die betreffende Fläche so lange in Kreisbewegungen auf derselben herumgeführt wird, bis die ganze Oberfläche, besonders auch die tiefen Stellen derselben, den eigenthümlichen Glanz des Graphits erhalten hat. Berühren der Fläche mit den Fingern muß hierbei streng vermieden werden.

Um dieses mühselige Graphitiren mit der Hand zu ersparen, wendet man in größeren Anstalten bei Herstellung der Formen zu flachen Reliefs (Holzstichen) mitunter eine Maschine an. Ein senkrecht stehender, mit Graphit versehener weicher Pinsel, welcher die Breite der Form besitzt, wird in rasch auf- und niedergehende Bewegung versetzt (250 bis 300 Hübe per Minute). Die Form befindet sich auf einer gitterartigen Tischplatte, welche durch Kurbel und Schubstange vor- und rückwärts bewegt wird, solcherart die Form unter dem Pinsel hin und her führend. Das Ganze ist in einem Blechgehäuse eingeschlossen, um einer Verstäubung des Graphits vorzubeugen. Um alle anhaftenden Luftblasen zu entfernen, wird die Wachsform mit Spiritus abgegossen, ehe sie in das Bad eingehängt wird.

Guttapercha ist ein vorzügliches Material für galvanoplastische Formen in solchen Fällen, wo das Modell eine mäßige Erwärmung und einen ziemlich starken Druck auszuhalten vermag. Man erweicht die Guttapercha durch Erwärmen im Dampf- oder Wasserbade, weniger gut über freiem Feuer, drückt sie mit angefeuchteten Händen gegen das zuvor schwach geölte Modell oder preßt sie, wo es angeht (bei flachen Gegenständen) mit einer Schraubenpresse gegen dasselbe, wobei man durch einen eisernen Ring das seitliche Heraustreten verhindert. Nach dem Erkalten wird die Form vorsichtig vom Modelle abgelöst.

Das Leitendmachen geschieht wie bei den Wachsformen mit Graphitpulver; oder, wenn die Form sehr groß ist, giebt man ihr besser einen Ueberzug von Schwefelsilber. Zu diesem Ende bestreicht man sie gleichmäßig mit einer starken,

mit etwas Spiritus versetzten Auflösung von Silbernitrat, läßt trocknen, wobei keine Salzhäutchen oder Krystalle auf der Oberfläche zurückbleiben dürfen, und setzt unter einem gut ziehenden Dunstabzuge die Form einige Secunden der Einwirkung von Schwefelwasserstoff aus.

Gyps wird in solchen Fällen angewendet, wenn die Form aus mehreren Theilen, welche einzeln vom Modelle abgelöst werden müssen, zusammengesetzt wird. Diese „Kernstücke" werden eins nach dem andern an das Modell angeformt, indem man den mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührten Gyps zuerst mit dem Pinsel, dann mit dem Spatel auf die zuvor eingeölte oder mit Seifenwasser bestrichene Stelle aufträgt, bis eine etwa 25 mm dicke Kruste entstanden ist. Die Ränder dieses Stücks werden nach dem Erhärten mit dem Messer beschnitten, mit Seifenwasser bestrichen, dann wird ein zweites Stück neben das erste geformt, u. s. f. Ueber eine größere Zahl neben einander liegender Stücke formt man nun, ebenfalls aus Gyps, ein Mantelstück und umhüllt auf solche Weise das ganze Modell mit Kernstücken, welche wieder von dem Mantel umschlossen sind. Das Verfahren ist also demjenigen zur Herstellung einer Gußform für Statuenguß außerordentlich ähnlich. Man löst nun zunächst den Mantel, dann die Kernstücke einzeln ab, trocknet sie auf einem Ofen und legt dann die Kernstücke heiß in geschmolzenes Wachs, so daß die Formseite oben liegt und aus dem Wachse herausragt. Vermöge der Capillarität saugt sich hierbei das Kernstück voll Wachs, während die Luft entweicht; alsdann nimmt man dasselbe heraus und läßt es erkalten. Der Mantel dagegen wird mit Leinölfirniß gut getränkt. Nachdem der letzte Anstrich gegeben ist, setzt man die Kernstücke ein, welche durch den Firniß alsbald festgehalten werden, und verstreicht alle Fugen zwischen denselben mit Wachs. Ohne dieses Tränken mit Wachs und Leinölfirniß würde der poröse Gyps eine Menge Metalllösung einsaugen und Metall in den Poren sich ablagern. Die Form wird nun durch Bepinseln mit Graphit oder durch Ueberziehen mit Schwefelsilber, wie oben beschrieben wurde, leitend gemacht.

Galvanoplastische Formen, d. h. Niederschläge aus Kupfer, welche unmittelbar auf dem Modelle hergestellt wurden und nun wiederum als Form dienen, werden mitunter benutzt, wenn es sich entweder um sehr getreue Wiedergabe des Modells handelt oder auch, wenn ein Modell abgeformt werden soll, welches seiner Form halber eine schwierige Theilung nothwendig gemacht haben würde, nach Herstellung der Form aber nicht mehr benutzt wird. Man macht es leitend, überzieht es mit Kupfer und entfernt es später durch Wegschmelzen (bei Wachsmodellen) oder, wie es eben gehen will, aus der Form, die dann nöthigenfalls durch Zersägen in einzelne Theile zerlegt werden kann.

In allen Fällen muß nun die leitende Oberfläche der Formen in geeigneter Weise mit dem Leitungsdrahte in Verbindung gesetzt werden. Guttaperchaformen werden an einer Stelle des Randes mit einer feinen Ahle durchbohrt, durch das Loch zieht man eine dünne Kupferdrahtschlinge, deren Enden nach hinten vorstehen und dort mit der Leitung verbunden werden, während man an der Vorderseite eine zweite Schlinge durch die erste hindurchsteckt, so daß sie beim Anziehen derselben von dieser festgehalten wird und ihre Enden die leitend gemachte Oberfläche der Form berühren. Gypsformen stellt man auf ein mit Oelfarbe gestrichenes

Brett, beklebt den Rand derselben, da wo die leitende Oberfläche aufhört, mit Bleifolie (welche durch den Leinölfirnißüberzug des Mantels festgehalten wird), führt einen Streifen Bleifolie von hier aus auf das Brett hinunter, wo man ihn durch Nägel befestigt und mit dem Leitungsdrahte verbindet. Bei großen Formen kann man von dieser Stelle aus noch Kupferdrähte nach den verschiedenen Stellen der Oberfläche hinführen. Bei Metallformen überzieht man diejenigen Stellen, auf denen sich kein Metall ablagern soll, durch Eintauchen in geschmolzene Guttapercha mit einer schützenden Decke; auch Drähte, welche in die Lösung eintauchen, erhalten, soweit sie nicht mit der Form selbst in Berührung kommen, einen solchen Ueberzug.

Ein Kunstgriff, durch welchen besonders bei denjenigen Formen, welche durch einen Graphitüberzug leitend gemacht waren, sich die Bildung des Metallniederschlages (Kupfer) beschleunigen läßt, ist folgender. Man bestreut die graphitirte Fläche mit Eisenfeilspänen und taucht sie einige Augenblicke in Kupfervitriollösung. Kupfer scheidet sich sofort aus und überzieht nicht nur die Feilspäne sondern auch die Form. Man entfernt dann sorgsam die Feilspäne und hängt die Form in das Bad.

Unter den verschiedenen Metallen wird zu galvanoplastischen Arbeiten im engeren Sinne fast nur das Kupfer benutzt. Man hat wohl ausnahmsweise auch aus Gold und Silber Gegenstände auf galvanoplastischem Wege hergestellt; die größere Kostspieligkeit dieser Metalle aber macht schon von vornherein ihre öftere Verwendung unmöglich, da ein haltbarer galvanoplastischer Niederschlag immerhin eine bedeutendere Stärke besitzen muß als es für Gold- oder Silberwaaren, welche auf mechanischem Wege hergestellt werden, gerade erforderlich ist, auch zu letzteren bekanntermaßen fast immer Legirungen benutzt werden, die außer größerer Billigkeit auch den Vortheil größerer Härte vor den reinen Metallen voraus haben; und endlich ist erfahrungsmäßig auch die Herstellung brauchbarer galvanoplastischer Niederschläge aus jenen Metallen schwieriger als aus Kupfer.

Als **Bad für galvanoplastische Kupferniederschläge** benutzt man eine mit Schwefelsäure angesäuerte Kupfervitriollösung. Man löst so viel Kupfervitriol in Wasser, bis das specifische Gewicht der Lösung, mit dem Beaumé'schen Aräometer gemessen, 15 bis 20^0 zeigt und versetzt es dann mit so viel englischer Schwefelsäure, daß das Gewicht noch um etwa 2^0 B. steigt. Weder allzu schwache noch allzu saure Lösungen geben befriedigende Resultate. Die Holzgefäße für diese Bäder erhalten zweckmäßigerweise einen Einsatz aus Bleiblech von 2 bis 3 mm Stärke, welcher genau in das betreffende Gefäß paßt und dessen Fugen mit der Wasserstoffflamme zusammengeschmolzen werden, wie es oben beschrieben wurde (vergl. S. 205). Damit das Bad seine Concentration beibehalte, hängt man, obgleich von den Anoden während der Arbeit ununterbrochen Kupfer gelöst wird, einige Siebe aus Blei, Porzellan oder Guttapercha, mit Kupfervitriolstücken gefüllt, in den oberen Theil des Gefäßes an verschiedenen Stellen desselben. Anwendung möglichst reinen, insbesondere eisenfreien, Kupfervitriols ist sehr zu empfehlen.

Für Herstellung einfacher Gegenstände ist die Anwendung einer besonderen, außerhalb befindlichen Batterie nicht einmal unbedingt nothwendig. Man stellt ein Gefäß aus porösem Thon, Gyps oder dergl. (Diaphragma) in die Kupferlösung, in das Gefäß einen Zinkblock mit stark verdünnter Schwefelsäure (1:20 bis 1:30), und verbindet durch einen Kupferdraht den Zinkblock mit der Form. Der durch Einwirkung der Säure auf das Zink erzeugte Strom reicht aus, die Kupferausscheidung hervorzubringen. Für größere Gegenstände vereinigt man mehrere solcher Elemente (fünf, zehn und mehr) zu einer Batterie, indem man sämmtliche Zinkblöcke mit dem gemeinschaftlichen Leitungsdrahte verbindet (sogenannte einfache Batterie oder einfaches Element). Hat man flache Formen, welche nur auf einer Seite den Ueberzug erhalten sollen (Reliefs), so kann man die sämmtlichen Elemente in einer Reihe an der einen Seite des Gefäßes aufstellen, die Kupferstange über dieselben hinwegführen, mit jedem einzelnen Zinkblocke durch Klemmschrauben und Drähte, welche in das Zink eingegossen wurden, verbinden und an einer zweiten parallelen Kupferstange oder -Röhre die Formen den Elementen gegenüber aufhängen. Beide Stangen ruhen mit ihren Enden auf dem Rande des Holzgefäßes und sind hier durch Querstreifen von Kupfer, welche auf dem Rande befestigt sind, mit einander verbunden. Sollen dagegen körperliche (runde) Gegenstände gefertigt werden, bei welchen die Form von allen Seiten überzogen werden muß, so stellt man die Elemente im Kreise um die Form herum, verbindet sie durch einen über den Zinkblöcken ruhenden Ring aus starkem Kupferdrahte, und hängt die Form an ein aus Kupferdraht gefertigtes Kreuz, welches mit den Enden auf den Rändern des Gefäßes aufruht und auch zum Tragen jenes Ringes, mit dem es ohnehin verbunden werden muß, benutzt werden kann.

So einfach nun diese Vorrichtung auch ist, so besitzt sie doch den großen Nachtheil, daß die porösen Zellen der Elemente mindestens alle zwölf Stunden einer Auswechselung bedürfen, um ausgelaugt und frisch gefüllt zu werden, und daß sie durch Kupferincrustationen ziemlich rasch vollständig unbrauchbar werden. Schon aus diesem Grunde wird man es nicht selten zweckmäßiger finden, eine besondere Batterie aus Meidinger'schen Elementen oder, in größeren Anstalten, eine dynamoelektrische Maschine anzuwenden und Kupferanoden in das Bad gegenüber der Formen einzuhängen. Ganz besonders empfiehlt sich diese Methode in solchen Fällen, wenn Niederschläge in stark vertieften Formen oder gar in Hohlformen hergestellt werden sollen, wobei die Gestalt der Anode den Vertiefungen der Form folgen muß, wenn die Niederschläge gleichmäßige Stärke erhalten sollen und man nicht Gefahr laufen will, daß in den Vertiefungen sich überhaupt kein Metall absetze. Man sucht dann die Anoden so anzubringen, daß sie von jeder Stelle der Form, wo ein Niederschlag erzeugt werden soll, nicht mehr als 5 bis 10 cm entfernt sind. In große Hohlformen mit stark vertieften Stellen muß man, um diesen Zweck zu erreichen, mitunter ein förmliches Gerüst aus Platindrähten mit angehängten Kupferstreifen, welche die Anoden bilden, einbauen.

Als Anoden benutzt man möglichst reines Kupfer, am besten galvanisch niedergeschlagenes (Ausschußstücke von galvanoplastischen Arbeiten u. dergl.).

Die Zeitdauer des Processes ist abhängig von der Stromstärke, der Größe

der herzustellenden Gegenstände und der Dicke, welche der Niederschlag erhalten soll. Während kleine Niederschläge von geringer Stärke schon nach 12 bis 24 Stunden vollendet sein können, ist zur Herstellung großer Gegenstände ein Zeitraum von Tagen, ja Wochen oder Monaten erforderlich.

B. Galvanostegie.

Dieser, allerdings nicht gerade sehr gebräuchliche Ausdruck bezeichnet, wie schon erwähnt, die Herstellung haftender Ueberzüge auf galvanischem Wege. Dieselben haben in fast allen Fällen die Bestimmung, als Verschönerung für die damit versehenen Metallwaaren zu dienen; daß sie nicht, oder doch nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen, geeignet seien, einen Schutz gegen äußere chemische Einwirkungen zu bilden, z. B. für das Eisen gegen das Rosten, und die Gründe, weshalb ihnen diese Fähigkeit abgehe, wurden schon früher besprochen.

Das Verfahren der Galvanostegie an und für sich ist ein ziemlich einfaches; es beschränkt sich auf die Decapirung (Seite 233) der Metallgegenstände, das Einhängen in die Bäder unter öfterem Herausnehmen und Bearbeiten mit Kratzbürsten, damit der entstandene Niederschlag sich fest an das Metall anlege und fremde, etwa mit abgelagerte Stoffe entfernt werden, und schließlich das Abspülen und Trocknen. Die Zusammensetzung der Bäder aber ist nach Beschaffenheit des niederzuschlagenden Metalls eine verschiedene und für jeden einzelnen Zweck existirt gewöhnlich eine große Zahl abweichender Recepte. Nicht nur Einzelmetalle, sondern auch Legirungen lassen sich auf galvanischem Wege als Ueberzüge auf anderen niederschlagen; und die Farbe dieser Legirungen, welche offenbar von ihrer Zusammensetzung abhängig ist, läßt sich bei Anwendung einer und derselben Lösung durch verschiedene Stromstärke, Anodengröße oder Temperatur in sehr weiten Grenzen variiren.

Verkupferung.

Verkupferung durch Eintauchen. Auf Eisenwaaren läßt sich ein mäßig gut haftender aber freilich außerordentlich dünner Kupferüberzug herstellen, wenn man dieselben in ein Bad aus verdünnter Kupfervitriollösung mit etwas Schwefelsäurezusatz einige Minuten einhängt. 2 bis 4 Thle. Kupfervitriol und 2 Thle. Schwefelsäure in 1000 Thln. Wasser geben eine brauchbare Lösung. Im Ganzen besitzt das Verfahren wenig Werth. Sollen die Eisenwaaren später mit farbigen Ueberzügen versehen werden, welche den Zweck haben, ihnen ein bronzeähnliches Aeußere zu geben, so reicht diese Art der Verkupferung allenfalls aus, die bronzeartige Grundfarbe hervorzubringen; auch als Vorbereitungsproceß für Vergoldung, Versilberung ꝛc. der Eisenwaaren wird sie mitunter benutzt.

Verkupferung durch den galvanischen Strom. Man benutzt eine Lösung von Cyankupfer in überschüssigem Cyankalium. Zur Bereitung derselben kann man 50 Thle. chemisch reinen Kupfervitriol in so viel Wasser lösen, daß

eine klare Flüssigkeit entsteht; in einem zweiten Gefäße löst man 75 bis 100 Thle. krystallisirte Soda ebenfalls in Wasser und gießt beide Lösungen zusammen, wobei kohlensaures Kupfer ausfällt. Man läßt absitzen und wäscht durch mehrmaliges Dekantiren aus. Alsdann bringt man den Niederschlag in das für die Lösung bestimmte Gefäß nebst soviel Wasser, daß auf jene 50 Thle. Kupfervitriol 2000 bis 3000 Thle. Wasser kommen und löst nun unter Umrühren allmälig soviel Cyankalium in der Flüssigkeit auf, bis die ursprünglich blaue Farbe verschwunden ist und eine hellbräunliche Lösung entstanden ist. Die Menge des erforderlichen Cyankaliums hängt von der Reinheit desselben ab; von den besseren Sorten wird man mit 75 bis 100 Thln. Cyankalium reichen, von geringeren gebraucht man bedeutend mehr.

Auch essigsaures Kupfer wird statt des Kupfervitriols benutzt, sofern man hoffen darf, dasselbe in größerer Reinheit zu erlangen, und dann in gleicher Weise als Kupfervitriol verarbeitet. Umgeht man die Fällung mit Natriumcarbonatlösung (Sodalösung), so wird Cyankalium zersetzt und der Verbrauch an diesem kostspieligen Salze fällt erheblich höher aus; auch ist es nicht erwünscht, die große Menge schwefelsaurer oder essigsaurer Salze in die Lösung zu führen.

Ein Zusatz von saurem schwefligsaurem Natrium, welcher öfters empfohlen wird (50 Thle. saures schwefligsaures Salz auf 50 Thle. Kupfervitriol), und welches vor dem Cyankalium zu dem ausgewaschenen Kupferniederschlage gesetzt wird, soll die Schönheit der Niederschläge erhöhen, ist aber nicht gerade unbedingt nothwendig.

Vermessingung.

Ein guter und dauerhafter Messingüberzug läßt sich nur mit Hülfe des galvanischen Stroms herstellen. Man bereitet eine Kupferlösung wie vorstehend beschrieben wurde und setzt zu derselben eine Auflösung von Zinkweiß in Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak oder von Zinkchlorid in überschüssigem Ammoniak oder irgend eines Zinksalzes in überschüssigem Cyankalium, bis die gewünschte Färbung erreicht ist. Als Anoden benutzt man Messingbleche und zwar möglichst große; eine Erwärmung des Bades auf etwa 60 bis 70° C. befördert in hohem Maße die Schönheit der entstehenden Niederschläge. Die Farbe derselben läßt sich durch Anwendung eines stärkeren oder schwächeren Stroms in überraschender Weise verändern; stärkere Ströme geben hellere zinkreichere, schwächere Ströme geben dunklere kupferreichere Niederschläge.

Auf diese Weise habe ich schöne Messingüberzüge erzeugt; andere Vorschriften für denselben Zweck sind folgende:

In 10 Liter Wasser werden 250 g Kupfervitriol und 250 g Zinkvitriol gelöst und durch Zusatz von 1 bis $1^1/_4$ kg Soda in Wasser als kohlensaure Salze gefällt. Man läßt absitzen, wäscht durch Dekantation mehrere Male aus, setzt nach dem letzten Dekantiren eine Lösung von $1^1/_{10}$ kg Soda und 550 g saurem schwefligsaurem Natron in 10 Liter Wasser hinzu, dann Cyankalium, bis sich Alles klar gelöst hat (Seelhorst).

Oder: man löst in 2 Liter Wasser 84 g Natriumbicarbonat, 54 g Chlorammonium und 13 g Cyankalium. In dieses Bad stellt man ein die Wände des Gefäßes ganz bedeckendes Messingblech oder besser noch eine gegossene Messingplatte als Anode; außerdem hängt man als Kathode ebenfalls ein Messingblech ein und läßt den Strom circa eine Stunde hindurchgehen. Alsdann ist das Bad zum Gebrauche fertig und überträgt genau die Farbe der als Anode benutzten Legirung (Heß).

Bronzirung.

Auch mit der Messinglösung, deren Bereitung in Vorstehendem zuerst beschrieben wurde, lassen sich, wenn man die Anodengröße, Stromstärke und Temperatur des Bades entsprechend regelt, Niederschläge hervorbringen, welche einen goldähnlichen Farbenton besitzen und der Bronze an Schönheit nicht nachstehen. Ein Bad für wirkliche Zinnbronze läßt sich nach folgender Vorschrift bereiten: 40 g Kupferacetat in Wasser gelöst und durch Zusatz von etwa 80 g Soda in Wasser gefällt. Nach mehrmaligem Auswaschen des Niederschlages durch Decantation fügt man $2^1/_2$ Liter Wasser und 40 g saures schwefligsaures Natrium hinzu, dann so viel Cyankalium, bis klare Lösung entstanden ist. Schließlich wird eine Lösung von $^3/_4$ g Zinnsalz, welches mit 2 g Aetzkali in Wasser gelöst war, zugesetzt.

Vernickelung.

Dieses in den letzten zehn Jahren vielfach, vorzugsweise zum Ueberziehen des Eisens, in Aufnahme gekommene Verfahren ist besonders in Nordamerika zu hoher Vollendung ausgebildet worden. Man stellt dort Ueberzüge von Papierstärke dar, polirt sie auf einer Filzscheibe unter Anwendung von Polirpulver, hiernach auf einer Scheibe aus dickem Wallroßleder und verleiht ihnen hierdurch nicht allein ein vollendetes Aeußere, sondern ertheilt ihnen auch eine Dichtigkeit, welche sie — im Gegensatze zu allen anderen solchen Ueberzügen — befähigt, als ein Schutz des Eisens gegen Rost zu dienen.

Eine einfache und für Herstellung gewöhnlicher Nickelüberzüge gut brauchbare Lösung erhält man durch Auflösen von käuflichem Nickelsulfat in der 10- bis 20fachen Menge Wasser und Zusatz von so viel Ammoniakflüssigkeit, bis die saure Reaction vollständig — jedoch ohne einen erheblichen Ueberschuß von Ammoniak — verschwunden ist. Auch Nickelammoniumsulfat, welches im fertigen Zustande zu haben ist, läßt sich gut benutzen und wird ohne Weiteres in Wasser gelöst. Die Anoden (Nickelbleche oder gegossene Nickelplatten) nehme man ziemlich groß und den Strom nicht allzu stark; im andern Falle entsteht statt des weißen Ueberzugs ein dunkel gefärbter. Ein Erwärmen der Lösung ist nicht erforderlich.

Durch Zusatz verschiedener Salze soll die Schönheit der Ueberzüge erhöht werden; z. B. auf 1000 Thle. Wasser 100 Thle. Nickelammoniumsulfat, 20 Thle. Salmiak, 10 Thle. Nickelcitrat; oder auf 150 Thle. Wasser 4 Thle. Nickelnitrat, 50 Thle. saures schwefligsaures Natrium, 4 Thle. Aetzammoniak (amerikanische

Vorschrift). Nach Powell soll ein Zusatz von Benzoësäure zu einem der Nickelsalze die Erzielung eines schönen weißen, harten und fest haftenden Ueberzuges erleichtern, besonders auch in solchen Fällen, wenn man gezwungen ist, Nickelsalze, welche nicht vollständig chemisch rein sind, zu verwenden. Derselbe empfiehlt beispielsweise folgende Zusammensetzungen der Bäder: auf 4500 Thle. Wasser 124 Thle. Nickelsulfat, 31 Thle. Benzoësäure; oder 4500 Thle. Wasser, 62 Thle. Nickelchlorür, 62 Thle. Nickelcitrat, 62 Thle. Nickelacetat, 62 Thle. Nickelphosphat, 31 Thle. Benzoësäure; u. a. m. Die Benzoësäure wird in dem kochenden Nickelbade gelöst. Auch Borsäure wird neuerdings als Zusatz empfohlen; z. B. 100 g Nickelsulfat, 50 g Borsäure, 2 l Wasser; die Lösung $^1/_4$ Stunde gekocht und dann ruhig abgekühlt (Kaselowsky).

Vernickelung durch Ansieden (ohne Batterie) läßt sich nach Stolba durch Anwendung eines Bades aus neutralem Chlorzink mit einer neutralen Nickellösung vermischt bewirken. Man bringt die zu vernickelnden Gegenstände zugleich mit kleinen Zinkstückchen hinein und kocht längere Zeit.

Vergoldung.

Eine zur galvanischen Vergoldung geeignete Lösung kann folgendermaßen bereitet werden. 12 Thle. Goldchlorid in 1000 Thln. Wasser gelöst, dann allmälig 9 Thle. Aetzkali hinzugefügt, bis der zuerst entstehende Niederschlag sich wieder zu lösen beginnt, schließlich Cyankalium bis zur klaren Lösung hinzugefügt. Als Anode dient ein Goldblech. Die Niederschläge fallen am schönsten aus, wenn die Lösung auf etwa 70 bis 80° erwärmt wird. Gegenstände aus Eisen oder Zink, welche für die Vergoldung bestimmt sind, werden zweckmäßigerweise zuvor galvanisch verkupfert.

Eine andere Vorschrift ist folgende:

1000 Thle. Wasser, 10 Thle. Goldchlorid, 50 Thle. Cyankalium (Seelhorst).

Die Schönheit der Vergoldung ist von der Stromstärke, Anodengröße und Concentration des Bades sehr abhängig. Arme Bäder geben bei schwachem Strome grünliche Vergoldung; fehlt es an überschüssigem Cyankalium, so erhält man blasse Farbentöne.

Will man röthliche Vergoldung erzielen, so wendet man eine Kupferanode an oder setzt etwas Kupferlösung zum Goldbade.

Tauchverfahren. Kleine Gegenstände, welche einen nur oberflächlichen Goldüberzug erhalten sollen (Stahlschreibfedern, Nähnadelöhre u. a.), kann man durch Eintauchen in eine Goldchloridlösung oder Bestreichen mit dieser Lösung damit versehen. Am geeignetsten löst man für diesen Zweck käufliches Goldchlorid in Schwefeläther.

Versilberung.

Versilberung durch den galvanischen Strom. In 1 Liter Wasser löst man circa 15 g salpetersaures Silber und so viel Cyankalium, bis der an-

[f]änglich entstehende Niederschlag wieder gelöst ist. Als Anode dient ein Feinsilber[b]lech. Eisen- und Zinkwaaren werden vor dem Versilbern galvanisch verkupfert, Zinn und Britanniametall durch Eintauchen in saure Quecksilberchloridlösung [v]erquickt.

Versilberung durch Eintauchen oder Ansieden. In dem soeben beschriebenen Silberbade lassen sich manche Gegenstände, insbesondere Kupfer- und Messingwaaren, auch durch bloßes Eintauchen oberflächlich versilbern, besonders wenn die Flüssigkeit zum Sieden erhitzt wird. Eine andere Vorschrift ist folgende. Man fällt aus einer Lösung von salpetersaurem Silber durch Zusatz von Kochsalz oder Salzsäure alles Silber als Chlorsilber aus, wäscht den Niederschlag durch mehrmaliges Dekantiren aus und bringt ihn in eine siedende Lösung von Weinstein oder gleichen Theilen Weinstein und Kochsalz in Wasser. Die zu versilbernden Gegenstände werden in diese kochende Lösung eingehängt.

Ermittelung der Stärke des Silberniederschlages. Bei Gegenständen, welche stark versilbert werden müssen, z. B. bei Eßbestecken aus Neusilber, ist es von Wichtigkeit, eine Prüfung der Stärke des entstehenden Niederschlages anzustellen, um denselben ohne einen Mehrverbrauch von Silber doch genügend stark zu erhalten, überhaupt, um eine Garantie für eine bestimmte Stärke desselben geben zu können. Man erreicht diesen Zweck durch Anhängen der zu versilbernden Gegenstände an eine Wage mit entsprechender Belastung. Die Wage wird auf einer isolirenden Unterlage neben dem Silberbade aufgestellt, so daß das eine Ende des Wagebalkens sich über dem Bade befindet. Von diesem Ende wird die Wagschale entfernt, die Gegenstände aber, welche versilbert werden sollen, hängt man mit einem Drahte an Stelle der Wagschale auf. Die andere Wagschale, welche sich außerhalb des Bades befindet, belastet man zunächst bis zur Herstellung des Gleichgewichts, dann mit demjenigen Uebergewichte, welches als Silber auf den eingehängten Gegenständen niedergeschlagen werden soll, und durch eine Unterlage unter dieser Schale verhütet man, daß jene Gegenstände durch das vorläufige Uebergewicht des andern Endes aus dem Bade herausgezogen werden. Den Leitungsdraht nach den Kathoden verbindet man mit dem Fuße der Wage, so daß der Strom durch diese hindurch nach den betreffenden Gegenständen hingeführt wird. Mit zunehmender Stärke des entstehenden Niederschlages steigt die belastete Schale, und sobald der Wagebalken horizontal steht, nimmt man die versilberten Waaren heraus. Der durch den Auftrieb der Flüssigkeit hervorgerufene Unterschied in dem wirklichen und dem gefundenen Gewichte des Silberniederschlages ist bei dem großen specifischen Gewichte des Silbers so gering, daß er in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann.

Eine einfache Vorrichtung ermöglicht auch eine selbstthätige Unterbrechung der Stromleitung, sobald Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Man braucht z. B. nur den Leitungsdraht von der Batterie, statt ihn an der Wage zu befestigen, in einem Gefäße mit Quecksilber endigen zu lassen, in welches ein zweiter, an dem mit Gewichten belasteten Ende des Wagebalkens befestigter Draht so weit eintaucht, daß er das Quecksilber verläßt, sobald der Wagebalken seine horizontale Stellung eingenommen hat.

Verzinnung.

Dieselbe findet nicht seltene Anwendung, um Gegenständen aus Eisen oder Messing auf billigerem Wege als durch wirkliche Versilberung ein silberartiges Aeußere zu verleihen, gewährt aber keineswegs den Schutz, welcher durch die Verzinnung auf trockenem Wege (im nächsten Abschnitte beschrieben) zu erreichen ist.

Eben aus diesem Grunde begnügt man sich meistens, die Verzinnung durch Ansieden (Weißsieden) zu bewirken. Man kocht die Gegenstände aus Kupfer oder Messing $1^1/_2$ bis 2 Stunden in einer Lösung von 1 Thl. Weinstein in 80 Thln. Wasser, in welcher sich 3 Thle. feingekörntes metallisches Zinn befinden. Die Körnung des Zinns läßt sich bewirken, indem man das geschmolzene Metall in einer Porcellanschale mit einer Keule bis zur Erstarrung verreibt; oder auch, indem man das geschmolzene Zinn in einer hölzernen, durch einen Deckel geschlossenen, inwendig zur Verhütung des Anhaftens mit Kreide ausgestrichenen Büchse so lange schüttelt, bis es erstarrt ist.

Noch einfacher ist folgende Vorschrift zum Verzinnen des Eisens oder Zinks: in 20 Liter Wasser werden 300 g Ammoniakalaun und 10 g geschmolzenes Zinnsalz (Zinnchlorür) in Siedhitze gelöst. Die zu verzinnenden Gegenstände werden in die kochende Lösung gebracht und überziehen sich augenblicklich mit einer dünnen, mattweißen Zinnschicht. Von Zeit zu Zeit wird etwas frisches geschmolzenes Zinnsalz zugesetzt.

Eigentliche galvanische Verzinnung. Man löst Zinnsalz in wenig Wasser und setzt überschüssige Natronlauge hinzu; z. B. 30 bis 40 Thle. Zinnsalz in 200 Thln. Wasser gelöst; dazu eine Lösung von 130 g Aetznatron in 1000 Thln. Wasser. Die Anoden müssen ziemlich groß sein. Der Niederschlag setzt sich pulverig ab, wird aber beim Kratzen sofort glänzend silberweiß.

Verzinkung.

Dieselbe ist auf galvanischem Wege sehr leicht mit Hülfe einer alkalischen Lösung ausführbar, welche man durch Zusatz von überschüssiger Kalilauge oder Ammoniakflüssigkeit zu der Lösung irgend eines Zinksalzes (Zinkvitriols, Zinkchlorürs) bereitet. Bei der unscheinbaren Farbe des Zinks hat jedoch die Herstellung solcher Ueberzüge wenig praktischen Werth. Ein Schutz des Eisens gegen Rosten läßt sich durch galvanische Verzinkung nicht oder doch nur in weit geringerem Maße erreichen als durch die im folgenden Abschnitte beschriebene Verzinkung auf trockenem Wege.

Eisenüberzüge.

Das auf galvanischem Wege niedergeschlagene Eisen besitzt — ganz im Gegensatze zu dem auf gewöhnlichem Wege dargestellten kohlenstoffarmen Eisen —

eine außerordentliche Härte und Sprödigkeit. Man benutzt mitunter diese Eigenschaft mit gutem Erfolge, um weiche Kupferplatten für den Druck (Kupferstiche, Galvanos von Holzstichen) durch einen Eisenüberzug widerstandsfähiger gegen Abnutzung zu machen. Man bedient sich dazu am einfachsten einer concentrirten Lösung des käuflichen schwefelsauren Eisenoxydulammoniaks in Wasser, als Anode eines Eisenblechs. Auch ein Gemisch von 1 Thl. Salmiak und 2 Thln. reinem oxydfreien Eisenvitriol in Wasser bis zur Sättigung gelöst läßt sich benutzen. Ein einziges Meidinger'sches Element genügt zur Erzeugung des galvanischen Stroms.

C. Besondere Anwendungen der Galvanoplastik.

Galvanographie.

Bei diesem von Fr. v. Kobell erfundenen Verfahren (vergl. die unten gegebenen Literaturnachweise), welches jedoch in der Neuzeit kaum noch irgendwo in Anwendung kommen dürfte, sollen Bilder, welche in Tuschmanier gemalt sind, behuf ihrer Vervielfältigung auf eine galvanoplastisch dargestellte Kupferplatte übertragen werden. Man malt zunächst mit einer besonderen Oelfarbe (v. Kobell empfiehlt eine mit Dammarfirniß versetzte und mit Graphit oder Englischroth abgeriebene Lösung von Wachs in Terpentinöl), welche nicht vollständig isolirt, die Zeichnung auf eine versilberte Kupferplatte derartig auf, daß die dunkelsten Stellen durch die größte Dicke der Farbe dargestellt werden, während da, wo lichte Stellen erscheinen sollen, die Farbe völlig wegbleibt. Die getrocknete Oberfläche muß vollständig matt sein, damit der galvanoplastische Abdruck, welcher zum Drucken bestimmt ist, ebenfalls matt werde und die Druckerfarbe hinlänglich fest halte, um sie beim Abwischen nicht loszulassen.

Diese bemalte Platte kommt nun in den galvanoplastischen Apparat, in welchem man eine Kupferschicht von ausreichender Dicke, um zum Drucken benutzt zu werden, darauf niederschlägt. Diese erhaltene Kupferplatte, auf welcher nunmehr die dunkeln Stellen sich als Vertiefungen zeigen, wird mit Benzin von anhaftender Farbe gereinigt, gut abgewaschen und dann wie eine gravirte Platte benutzt, indem man die vertieften Stellen mit Druckerschwärze füllt, von den erhabenen Stellen aber durch Abwischen der Platte die Schwärze entfernt. Man hat bei geschickter Behandlung 500 bis 600 Abdrücke mit einer solchen Platte hergestellt, die in ihrem Aeußern getuschten Bildern ähneln. Der Umstand jedoch, daß trotz der geschicktesten Behandlung die Reinheit der Töne, die Gleichförmigkeit des Korns u. s. w. nicht immer gleichmäßig ausfielen, brachten das anfänglich mit großen Erwartungen begrüßte Verfahren allmälig in Vergessenheit.

Mitunter bezeichnet man mit dem Ausdrucke Galvanographie auch die Herstellung galvanoplastischer Copieen von gravirten Kupferstichplatten, welche mit Hülfe eines Guttaperchaabdruckes oder auch einer galvanoplastisch erzeugten Matrize in ähnlicher Weise wie die mehrfach erwähnten Galvanos der Holzstiche angefertigt werden und wie diese den Zweck haben, die Originalplatte zu schonen.

Heliographie (Photogalvanographie).

Dieses Verfahren, von G. Scamoni erfunden (vergl. Literatur) und vielfach benutzt, bezweckt die galvanoplastische Herstellung von Kupferdruckplatten nach einer Photographie, so daß also der Stift des Künstlers vollständig umgangen wird; und es gehört demnach zu der größeren Zahl in den letzten Jahren entstandener Methoden, welche man wohl allgemein als Lichtdruck zu bezeichnen pflegt [1]). Es gründet sich auf die Eigenschaft des in Collodium entwickelten Silberbildes, durch auf einander folgende Behandlung mit verschiedenen chemischen Agentien sich zu erhöhen, reliefartig aus der Platte herauszutreten. Von diesem Bilde wird dann, nachdem es durch Ueberziehen mit Graphit leitend gemacht worden ist, auf galvanoplastischem Wege eine Copie in Kupfer hergestellt, welche die ursprünglich erhabenen Bildstellen vertieft enthält und nun wie eine gestochene Platte zum Drucken benutzt wird.

V. Literatur.

A. Größere Werke.

Georg Seelhorst, Katechismus der Galvanoplastik. Zweite vollständig umgearbeitete Auflage. Leipzig, 1879. Ein vortreffliches kleines Buch, welches auch zahlreiche Literaturnachweise aus früherer und neuerer Zeit enthält und in Vorstehendem mehrfach benutzt wurde.

G. Gore, The Art of Electrometallurgy, including all known Process of Elektro-Deposition, London, 1877.

G. Kaselowsky, Handbuch der Galvanoplastik, nach dem Französischen des Professors A. Roseleur deutsch bearbeitet. Dritte vermehrte Auflage. Stuttgart 1882.

Fr. Hartmann, Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. Wien, Pest, Leipzig.

Julius Weiß, Die Galvanoplastik oder sichere Anleitung und ausführliche Darstellung des galvanoplastischen Verfahrens. Wien, Pest, Leipzig.

Muspratt-Stohmann-Kerl, Theoretische, praktische und analytische Chemie, 3. Aufl., Braunschweig 1876, Bd. 3, Artikel Galvanoplastik.

G. L. v. Kreß, Die Galvanoplastik für industrielle und künstlerische Zwecke. Frankfurt 1867.

---

[1]) Diejenige Methode, welche man als Lichtdruck im engeren Sinne benennt, gründet sich auf die Eigenschaft einer mit Kaliumbichromat versetzten Gelatineschicht, wenn sie dem Lichte ausgesetzt war, Firnißfarbe anzunehmen, an denjenigen Stellen aber, wo das Licht nicht einwirkte, die Farbe abzustoßen. Die Galvanoplastik kommt also dabei nicht zur Verwendung. Näheres hierüber: Adolf Ott, Der Lichtdruck in seiner gegenwärtigen Vervollkommnung. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 231, S. 349.

A. Smee, Elements of Elektrometallurgy or the art of working in metals by galvanic fluid. 3 ed. London 1851.

A. Smee, Elemente der Elektrometallurgie. Nach dem Englischen. Leipzig 1851.

M. H. Jacobi, Die Galvanoplastik. Petersburg 1840.

Franz v. Kobell, Die Galvanographie. München 1842.

G. Scamoni, Handbuch der Heliographie. Petersburg 1872.

B. Abhandlungen [1]).

Ueber Galvanoplastik im engeren Sinne.

M. H. Jacobi, Die Galvanoplastik oder das Verfahren, cohärentes Kupfer unmittelbar aus Kupferauflösungen auf galvanischem Wege niederzuschlagen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 78, S. 110.

M. H. Jacobi, Bericht über die Entwickelung der Galvanoplastik. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 87, S. 361.

Fr. v. Kobell, Die Galvanographie. Bairisches Kunst- und Gewerbeblatt 1842, Heft 8 und 9; Dingler's Polyt. Journ., Bd. 85, S. 342.

Fr. v. Kobell, Ueber Galvanographie. Gelehrte Anzeigen der Königl. bairischen Akademie der Wissenschaften vom 2. März 1843; daraus Dingl, Polyt. Journ., Bd. 88, S. 221.

Fr. v. Kobell, Ueber die Fortschritte der Galvanographie. Gelehrte Anzeigen der Königl. bairischen Akademie der Wissenschaften, September 1844; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 95, S. 186.

Fr. v. Kobell, Ueber galvanische Anfertigung erhabener Typen, welche gleich den Holzschnitten gedruckt werden können. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 95, S. 191.

De la Rue, Bemerkungen über die praktische Anwendung der Galvanoplastik. Aus dem Technologiste 1846, p. 212; in Dingl. Polyt. Journ., Bd. 99, S. 371.

Heeren, Ueber biegsame und elastische Formen für die Galvanoplastik. Mittheilungen des hannoverschen Gewerbevereins 1859, S. 301; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 155, S. 450.

Fr. Varrentrapp, Ueber galvanische Niederschläge für die Buchdruckerei. Mittheilungen des Braunschweigischen Gewerbevereins 1864, S. 1; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 175, S. 122.

Fr. Kick, Studien über Galvanoplastik. Technische Blätter 1874, S. 145. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 218, S. 1.

H. Meidinger, Grundsätze der Galvanoplastik. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 218, S. 465.

Fr. Kick, Gegenbemerkungen zu Meidinger's Grundsätzen der Galvanoplastik. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 61, 313.

H. Meidinger, Grundsätze der Galvanoplastik; Erwiderung gegen Fr. Kick. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 141.

Heeren, Galvanoplastische Versuche. (Verfahren, in stark concaven Formen Kupfer niederzuschlagen.) Mitth. d. hannoverschen Gewerbevereins 1876, S. 226; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 224, S. 106; Wieck's Gewerbeztg. 1876, S. 414.

---

[1]) Bei der sehr großen Zahl der dieses Gebiet behandelnden Abhandlungen konnten nur die wichtigeren derselben aufgeführt werden. Einen ausführlicheren Nachweis findet der Leser in G. Seelhorst's erwähntem Buche: Katechismus der Galvanoplastik.

Henri Bouilhet, Sur les origines et les progrès récents de la galvanoplastie. Bulletin de la société d'encouragement 1866, p. 207; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 182, S. 300; Deutsche Industriezeitung 1866, Nr. 36; Polyt. Centralblatt 1867, S. 41.

Henri Bouilhet, Sur la galvanoplastie ronde bosse, la dorure aux ors de couleur et les incrustations d'or et d'argent. Bulletin de la société d'encouragement 1867, p. 377; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 185, S. 443.

Ueber Silbergalvanoplastik. Metallarbeiter 1880, S. 403.

Ueber Galvanostegie.

Elkington's verbesserte Methode, Kupfer, Messing und andere Metalllegirungen zu vergolden. Aus dem London Journal of Arts, May 1837, p. 99 in Dingl. Polyt. Journ., Bd. 65, S. 42.

Elkington's Fabrik galvanisch versilberter Gegenstände. Polyt. Centralbl. 1863, S. 1275; Dingl. Polyt. Journal, Bd. 170, S. 269.

Beiträge zur Galvanoplastik. Dingler, Bd. 110, S. 418 (Gelbbrennen des Messings, Eisenniederschläge, Vergoldung, Darstellung kupferner Copien von Stahl- und Kupferplatten für die Druckerei).

G. Büttner, Ueber die durch Galvanoplastik erlangten Resultate. Polyt. Centralbl. 1849, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 112, S. 48.

J. Winkelmann, Erfahrungen aus dem Gebiete der Galvanoplastik. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefleißes 1850, S. 222; Dingl. Bd. 120, Seite 49.

M. Silbermann, Sur les procédés de cuivrage galvanique de M. Oudry, fabricant à Auteuil près Paris. Bulletin de la société d'encouragement 1857, p. 65; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 144, S. 37.

Oudry's Verkupferung von Guß- und Schmiedeeisen, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 188, S. 74; Polyt. Centralblatt 1865, S. 1010; 1868, S. 921.

Fr. Weil, Nouveaux procédés ayant pourbut de revêtir les métaux d'une couche adhérente et brillante d'autres métaux. Annales de chimie et de physique, 4 série, tome 4, p. 374; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 175, S. 31; Bd. 177, S. 40; Bd. 179, S. 372.

Kunheim, Ueber Verkupferung nach dem Weil'schen Verfahren. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefleißes 1867, S. 216; Dingl., Bd. 188, S. 286.

W. H. Walenn, Das Ueberziehen des Eisens mit Kupfer und Messing auf galvanischem Wege. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 179, S. 239.

J. Heß, Galvanisches Vermessingen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 47; Metallarbeiter 1880, S. 28.

R. Böttger, Gewinnung reinen Eisens in cohärenter Gestalt auf galvanischem Wege. Poggendorff's Annalen, 1846, S. 117; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 99, S. 296.

Joubert's Verfahren zum Ueberziehen gestochener Kupferplatten mit Stahl. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 160, S. 446.

H. Meidinger, Das Ueberziehen gravirter Kupferplatten mit Eisen auf galvanischem Wege. Bairisches Kunst- und Gewerbeblatt 1859, S. 705; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 152, S. 359.

H. Meidinger, Ueber Bildung von Ammoniumeisen beim Ueberziehen gravirter Kupferplatten mit Eisen. Neues Jahrbuch für praktische Pharmacie, Bd. 16, S. 295; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 163, S. 283.

F. Varrentrapp, Galvanische Fällung von Eisen in cohärenter Form. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 187, S. 152.

Fr. Varrentrapp, Verstählen von Kupferplatten. Polyt. Centralbl. 1864, S. 699.

H. Jacobi, Sur la production des dépôts de fer galvanique. Bulletin de la société d'encouragement 1868, p. 286; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 189, S. 480.

H. Bouilhet, Sur les dépôts elektrochimiques de fer et d'étain de M. Feuquières. Bulletin de la société d'encouragement 1868, p. 278; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 189, S. 476.

C. Stammer, Ueber galvanische Fällung des Eisens. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 190, S. 116.

Volger, Ueber die neuesten Fortschritte der Galvanoplastik, namentlich Eisengalvanoplastik. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 209, S. 362.

Edm. Becquerel, Note sur les anneaux colorés produits par le dépôt des oxydes métalliques sur les métaux. Annales de chimie et de physique, série 3, tome 13, p. 342; Dingl. Polyt. Journal, Bd. 96, S. 124.

Edm. Becquerel, Note relative au dépôt de nickel sur les métaux. Comptes rendus, tome 70, p. 137; Deutsche Industriezig. 1870, S. 69.

R. Böttger, Ueber das Vernickeln der Metalle auf galvanischem Wege. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 204, S. 152.

Martin und Delamotte, Neues Verfahren zum Vernickeln der Metalle. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1873, S. 1317; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 211, S. 74.

E. Weston, Zur elektrolytischen Vernickelung. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 404.

Ed. Becquerel, Sur le dépôt elektrochimique du cobalt et du nickel. Comptes rendus, tome 87, p. 130.

J. J. Heß, Erzielung einer schönen Vernickelung. Polyt. Centralbl., 1875, S. 130.

Fortschritte im Vernickeln. Metallarbeiter 1881, S. 66.

Vernickeln. Metallarbeiter 1880, S. 115, 267, 274.

A. Gaiffe, Sur la galvanoplastie du cobalt. Comptes rendus, t. 87, p. 100.

A. Gaiffe, Remarques concernant le procédé employé par M. Adams pour produire les dépôts de nickel. Comptes rendus, tome 70, p. 181.

Fr. Stolba, Das Vernickeln durch Ansieden, angewendet auf polirte Eisen- und Stahlobjecte. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 396.

Fr. Stolba, Ueber Vernickeln und Verkobalten durch Ansieden. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 201, S. 145.

Fr. Stolba, Verfahren zum Verzinnen von Messing, Kupfer und Eisen auf kaltem Wege und ohne Apparat. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 198, S. 308, Polyt. Centralbl. 1871, S. 74.

Hiller, Ueber das Weißsieden von Messing und Kupfer. Dingl. Bd. 190, S. 494.

Ed. Ebermayer, Ueber galvanisches Vergolden mittels Blutlaugensalz. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 224, S. 631.

Neues Verfahren, Metalle auf galvanischem Wege mit Platin zu überziehen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 239, S. 395.

Pfanhauser, Ueber die Versilberung nach dem Gewichte auf galvanischem Wege und besonders über die metallometrische Wage von Roseleur. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1216.

R. Böttger, Neues Verfahren, jede Spur Gold oder Silber aus der bei der galvanischen Vergoldung und Versilberung der Metalle unbrauchbar gewordenen Flüssigkeit wiederzugewinnen. Bair. Gewerbeblatt 1875, S. 273.

Ueber galvanische Apparate rc.

M. Lippmann, Sur la depolarisation des électrodes par les dissolutions. Comptes rendus, t. 86, p. 1540.

M. Gramme, Recherche sur l'emploi des machines magneto-électriques à courants continus. Comptes rendus, t. 84, p. 1386, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 227, S. 210.

Weston's dynamo-elektrische Maschine. Dingl. Polyt. Journal, Bd. 227, S. 249.

Möhring und Bauer's dynamo-elektrische Maschinen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 238, S. 143.

Weston's dynamo-elektrische Maschine. Dingl. Polytechn. Journal, Bd. 238, S. 221.

W. E. Fein, Dynamo-elektrische Maschine. Centralzeitung für Optik und Mechanik 1881, S. 163.

Fünfter Abschnitt.

Oberflächenbehandlung.

Durch Behandlung der Oberfläche eines in seiner äußeren Form fertigen Gegenstandes beabsichtigt man entweder, eine Verschönerung desselben hervorzubringen, oder ihn durch Herstellung gewisser Ueberzüge widerstandsfähiger gegen die Atmosphärilien und andere bei der Benutzung auftretende chemische Einflüsse zu machen. Die Wege zur Erreichung dieses Ziels sind ziemlich mannigfaltig; eine der hierher gehörenden Methoden, die Herstellung von Metallüberzügen auf galvanischem Wege, wurde bereits wegen ihrer engen Beziehungen zu der Galvanoplastik im engeren Sinne (Herstellung von Körpern auf galvanischem Wege) im vorigen Abschnitte besprochen. Auch das schon früher beschriebene Plattiren (Seite 202) bezweckt eine Erhaltung, beziehentlich Verschönerung der betreffenden Gegenstände; aber es erstreckt sich nicht, wie fast alle sonstigen in diesen Abschnitt fallenden Arbeiten, auf den in seiner Form bereits *fertigen* Gegenstand, sondern auf das Material oder Zwischenproduct (Blech, Draht), aus dessen weiterer Verarbeitung erst der Gebrauchsgegenstand hervorgehen soll.

1) Das Beizen und Färben.

Unter dem Ausdrucke „Beizen" versteht man die Auflösung und Entfernung der an der Oberfläche vieler aus der Werkstatt hervorgehender Metallwaaren befindlichen *fremden* Körper, insbesondere oxydischer Producte, so daß nach dem Beizen die metallisch reine Oberfläche zu Tage tritt. „Färben" im engeren Sinne findet nur bei Legirungen Anwendung und besteht in der Einwirkung solcher Auflösungsmittel auf die Oberfläche des Metallgegenstandes, daß bestimmte Bestandtheile der Legirung stärker als andere dadurch angegriffen, aufgelöst und entfernt werden und auf diese Weise eine von der normalen Farbe der Legirung

mehr oder weniger abweichende Farbe an der Oberfläche hervorgerufen wird. Der Fall ist daher nicht selten, daß man das Beizen und Färben in einer und derselben Operation und unter Anwendung des nämlichen chemischen Mittels ausführt. Im weiteren Sinne dagegen nennt man Färben der Metallwaaren (Metallochromie) die Erzeugung irgend einer von der normalen abweichenden Farbe an der Oberfläche, sei es, daß dieselbe in der soeben angedeuteten Weise oder durch Oxydation, Schweflung, Ablagerung dünner Ueberzüge fremder Metalle oder auf andere Weise hervorgerufen wird.

Häufig dient das Beizen als Vorbereitungsverfahren für einen anderen Proceß; und als Vorbereitungsarbeit zur Herstellung galvanischer Ueberzüge wurde es bereits a. S. 233 besprochen. Das Verfahren ist im Wesentlichen stets das nämliche als dort beschrieben wurde: Einlegen des Arbeitsstücks in Säuren, nachdem etwa anhaftende fettige Substanzen zuvor durch Glühen oder, wo dieses nicht angeht, durch Kochen in verdünnter Sodalösung entfernt worden sind, unter Umständen öfteres Abputzen mit geeigneten Bürsten aus Stahldraht, Messingdraht oder — bei weichen Metallen — Borsten, sorgfältiges Abspülen in Wasser, mitunter auch Eintauchen in Kalkwasser zur Neutralisation der letzten Spuren Säure und abermaliges Abspülen, endlich, sofern nicht ein anderes Verfahren auf nassem Wege sich noch anreiht, Trocknen in Sägespänen und im Trockenofen.

Das Beizen des Eisens.

Sofern dasselbe nicht lediglich als Vorbereitung für einen nachfolgenden Proceß dient, hat es gewöhnlich den Zweck, bei feineren Eisenarbeiten, insbesondere bei Kunstgußgegenständen aus Eisen, die Metallfarbe und den Metallglanz des Eisens hervortreten zu lassen. Man bedient sich zum Beizen in diesem Falle ganz verdünnter Schwefelsäure und behandelt die Gegenstände ganz in der früher (Seite 233) besprochenen Weise, insbesondere muß man durch fleißige und geschickte Handhabung stählerner Kratzbürsten die Einwirkung des Beizmittels so viel als nur irgend möglich zu unterstützen suchen. Da gebeiztes Eisen selbst in geschlossenen Räumen sehr bald rosten würde, so ist es erforderlich, die Gegenstände, nachdem sie gehörig abgespült, in Kalkmilch getaucht, wiederum abgespült und getrocknet sind, mit einer dünnen Wachsschicht zu überziehen, indem man sie im warmen Zustande mit einer in flüssiges Wachs getauchten steifen Bürste anhaltend bearbeitet. Einen Schutz gegen das Rosten im Freien gewährt jedoch dieses Mittel nicht.

Der Umstand, daß Kohlenstoffeisen gegen Säuren widerstandsfähiger ist als freies Eisen, mithin Stahl widerstandsfähiger als Feinkorneisen, dieses wiederum widerstandsfähiger als Sehneeisen, hat Veranlassung zu einer Anwendung des Beizens (Aetzens) gegeben, um die Textur gewisser Eisensorten deutlicher, als es im ungebeizten Zustande möglich ist, erkennen zu können. Behandelt man nämlich eine blank geschliffene Fläche des zu untersuchenden Eisenstücks mit starken Beizmitteln, so werden die kohlenstoffärmeren Parthien stärker als die kohlenstoffreicheren angegriffen, und die Folge davon ist, daß die letzteren allmälig relief-

artig vor jenen heraustreten. Es lassen sich die auf diese Weise geätzten Eisenstücke sogar benutzen, um Abdrücke der Textur auf Papier herzustellen. Aber auch unganze Stellen im Eisen, z. B. mangelhafte Schweißstellen, über deren Beschaffenheit man nicht ganz sicher ist, lassen sich deutlicher erkennen, wenn man die betreffende Stelle einem Beizverfahren unterwirft, in Folge des Umstandes, daß bei Einwirkung von Säuren diese in eine etwa vorhandene, dem Auge schwer erkennbare, Fuge eindringen und sie erweitern. Es ist dieses eine andere praktische Anwendung, welche man bisweilen vom Beizen des Eisens macht. In beiden zuletzt genannten Fällen würden verdünnte Säuren einen zu langsamen Erfolg geben. Man benutzt vielmehr Salpetersäure unter Zusatz von concentrirter Schwefelsäure, oder 3 Thle. Salzsäure mit 1 Thl. Salpetersäure oder auch Salzlösungen, welche lösend auf das Eisen wirken (saure Quecksilberchloridlösung u. a.). Das geschliffene Eisenstück wird, sofern es angeht, mit der zu beizenden Fläche in die Flüssigkeit eingetaucht, von Zeit zu Zeit herausgenommen, abgespült, mit einem Pinsel von abgelagertem Schlamm (Graphit und anderen unlöslichen Zersetzungsproducten) gereinigt, wiederum eingehängt u. s. f. Nach zwei bis drei Stunden pflegt die Aetzung soweit vorgeschritten zu sein, daß die Textur in voller Deutlichkeit hervortritt. Man spült in Wasser und Kalkmilch ab, trocknet und überzieht die gebeizte Fläche, sofern sie aufbewahrt werden soll, mit einer dünnen Schicht weißen Copallacks. Ist das Eintauchen wegen der Größe des betreffenden Eisenstücks nicht möglich, so umgiebt man die zu ätzende Fläche, nachdem man ihr eine horizontale Lage gegeben hat, mit einem Wachsrande und gießt die Aetzflüssigkeit hinein.

Beizen und Färben des Kupfers und seiner Legirungen.

Handelt es sich lediglich um Entfernung von Oxyden, so genügt ein Beizen mit verdünnter Schwefelsäure oder kochender Weinsteinlösung (1 : 30). Messingwaaren aber kommen aus dieser sogenannten Vorbeize mit einer hellen, wenig schönen Farbe heraus. Man unterwirft sie deshalb, um ein feurigeres Gelb hervorzurufen (Gelbbrennen des Messings), für einige Secunden der Einwirkung einer starken Salpetersäure oder einem Gemische aus 1 Thl. englischer Schwefelsäure mit 2 Thln. Salpetersäure, der man mitunter — angeblich zur Erzielung einer noch lebhafteren Farbe — Glanzruß, Sägespäne, Schnupftabacк oder ähnliche organische Körper zusetzt, welche die Entstehung salpetriger Säure befördern (Schnellbeize). Eine andere Vorschrift zum Gelbbrennen ist folgende: Die in verdünnter Schwefelsäure vorgebeizten Gegenstände werden zunächst in stark verdünnter Salpetersäure, dann einige Minuten lang in stärkerer Salpetersäure (1 Thl. Wasser auf 2 Thle. Säure) gebeizt, bis die anfänglich starke Gasentwickelung nachgelassen hat. Alsdann kommen sie in concentrirte Salzsäure, worauf man sie in frischem Wasser tüchtig abspült, um sie schließlich noch einmal in kochender Weinsteinlösung (1 : 30) nachzubeizen.

Hat das Messing beim Gelbbrennen durch Anwendung zu alter Beize oder durch zu langes Verweilen in der Säure schwärzliche Flecke bekommen, so kann

man nach Karmarsch dieselben beseitigen, indem man die Gegenstände in eine Lösung von Zinkchlorid taucht, nach dem Herausnehmen bis zum völligen Trockenwerden schwach erhitzt und endlich in Wasser abspült, worauf die reine gelbe Farbe erscheint.

Manche Gegenstände sollen statt der gewöhnlichen glänzenden Oberfläche eine matte, zarte Färbung erhalten. Zur Erzeugung derselben dient eine besondere Beize, Mattbeize genannt, und das Verfahren heißt Mattbrennen oder Mattiren. Dasselbe beruht auf einer sehr ungleichmäßigen Einwirkung der Beize auf die Oberfläche des Arbeitsstücks, so daß einzelne Bestandtheile der Legirung bedeutend stärker als andere angegriffen werden und die Oberfläche ihre vollständige Glätte verliert. Man erreicht diesen Zweck durch Anwendung einer vollständig gesättigten Lösung von salpetersaurem Zink in concentrirter Salpetersäure. Zur Darstellung derselben kann man 1 Gewthl. Zink in 3 Gewthln. starker Salpetersäure lösen, und diese Lösung zu einer Mischung von 8 Gewthln. Salpetersäure mit 8 Gewthln. englischer Schwefelsäure gießen. Die Mattbeize wird kochend angewendet; das Arbeitsstück wird, nachdem es zuvor in der Vor- und Schnellbeize behandelt worden ist, so lange in die Mattbeize eingehängt, bis die anfänglich eintretende stürmische Entwickelung rother Dämpfe nachläßt, was nach circa 30 Secunden der Fall zu sein pflegt. Die Gegenstände kommen mit hellbrauner, glanzloser Farbe heraus, werden dann, um die schöne gelbe Farbe zu erhalten, noch einmal mit der Schnellbeize behandelt, dann abgespült und getrocknet. War die Einwirkung der Mattbeize allzu energisch, so kann es geschehen, daß die ganze Oberfläche wie zerfressen erscheint. Durch geringeren oder größeren Zinkgehalt läßt sich die Einwirkung regeln.

Andere Metallarbeiter benutzen folgende Mattbeize: 200 Thle. Salpetersäure, 100 Thle. englische Schwefelsäure, 1 Thl. Kochsalz, 1 Thl. Zinkvitriol. Dieselbe wird kalt angewendet, und die betreffenden Gegenstände können ohne Nachtheil 5 bis 20 Minuten in derselben bleiben.

Beizen und Färben des legirten Silbers.

Bekanntlich wird Silber fast immer mit gewissen Mengen Kupfer legirt, um technisch verarbeitet zu werden. Diese Kupfersilberlegirungen nun pflegen, wenn sie den formgebenden Proceß durchlaufen haben, einestheils mit einer dunkeln Haut von Kupferoxyd überzogen zu sein, anderentheils, auch wenn diese Haut durch mechanische Mittel entfernt worden ist, eine den Kupfergehalt andeutende röthliche Färbung zu besitzen, die von der weißen Farbe des reinen Silbers in unvortheilhafter Weise absticht. Man unterwirft sie also einem ähnlichen Processe als das Gelbbrennen des Messings, wobei an der Oberfläche vorzugsweise oder ausschließlich Kupfer aufgelöst und solcherart die röthliche Farbe in eine weiße umgewandelt wird.

Dieses Verfahren heißt das Weißsieden des Silbers und die benutzte Beize der Sud.

Zunächst glüht man, wo es möglich ist, das Silberstück kurze Zeit bei dunkler

Rothgluth unter Luftzutritt zur Entfernung von Fett und behandelt es dann mit kochender verdünnter Schwefelsäure (1 : 12) oder mit kochender Weinsteinlösung (1 : 30); oder mit einer Lösung von 1 Thl. Weinstein, 2 Thln. Kochsalz in 32 bis 48 Thln. Wasser; oder besser noch zuerst mit Schwefelsäure und dann mit Weinsteinlösung. Auf diese Weise kann man selbst stark legirten Silberwaaren (z. B. Münzen mit nur 22 Proc. Silber und 78 Proc. Kupfer, einer Legirung, aus welcher die früheren preußischen Silbergroschen und Silbersechser bestanden) eine rein weiße Oberfläche ertheilen; aber selbstverständlich wird bei lange fortgesetzter Benutzung das reine Silber von der Oberfläche abgerieben, und die röthliche Legirung kommt dann mehr und mehr wieder zum Vorschein.

Auch eine Lösung von Kaliumbisulfat in Wasser ist zum Färben der Silberkupferlegirungen zu gebrauchen und hat den Vortheil, auch kalt benutzbar zu sein.

Sollen glänzende Silberwaaren mattirt werden, so bedeckt man sie, nachdem sie einmal gebeizt worden sind, mit einem Brei aus Potasche mit etwas Wasser, glüht sie damit und löscht in Wasser ab. Dann werden sie abermals, wie vorstehend beschrieben wurde, in verdünnter Schwefelsäure gebeizt.

Beizen und Färben des legirten Goldes.

Auch Goldwaaren pflegen aus früher erörterten Gründen in mehr oder minder starkem Maße mit Kupfer, nicht selten auch mit Kupfer und Silber legirt zu sein. Sie sind also, wie die Silberwaaren, mit einer oxydischen Haut bedeckt, wenn sie aus der Verarbeitung hervorgehen, welche sich durch Beizmittel entfernen läßt; und wenn die reine Goldfarbe an Stelle der Farbe des legirten Goldes erscheinen soll, so müssen diese Beizmittel derartig sein, daß die Legirungsmetalle selbst von ihnen gelöst werden, ohne daß das Gold angegriffen wird. Man glüht die Goldwaaren und siedet sie in stark verdünnter Schwefelsäure, wenn sie mit Kupfer legirt waren, in verdünnter Salpetersäure, wenn auch Silber neben dem Kupfer zugegen ist und aufgelöst werden soll.

Beabsichtigt man nicht, die reine Goldfarbe zu erzeugen, so glüht man die Goldwaaren auch wohl in Holzkohlenpulver (wobei die Entstehung von Kupferoxyd verhindert wird) und begnügt sich dann, sie mit Seifenwasser zu behandeln. Hieraus erklärt sich z. B. die abweichende Farbe der in verschiedenen Münzwerkstätten dargestellten Goldmünzen, deren Zusammensetzung, Gepräge, Werth ꝛc. durchaus übereinstimmt. Die einen wurden mit Säuren behandelt, gefärbt, und zeigen demnach die schöne gelbe Farbe des reinen Goldes; die anderen wurden nur mit Seifenwasser gereinigt und behielten die röthliche Farbe der für die Herstellung vorgeschriebenen Legirung unverändert bei.

Goldarbeiter benutzen für Schmuckwaaren mitunter eine Flüssigkeit, welche zwar prächtig färbend wirkt, aber allerdings auch einen Theil des Goldes auflöst, so daß dieses später aus der Lösung wiedergewonnen werden muß. Man löst für 100 Gewthle. zu färbenden Goldes 200 Gewthle. Kochsalz und 400 Gewthle. Salpeter in wenig Wasser und dampft in einem irdenen Gefäße bis zur Trockniß ein. Zu dem Rückstande setzt man 310 Thle. concentrirte Salzsäure und erhitzt

damit bis zur völligen Lösung und deutlichen Entwickelung von Chlorgas. In dieser heißen Flüssigkeit läßt man die Goldwaaren mehrere Minuten bis zum Erscheinen der hochgelben Farbe verweilen und spült sie dann sorgfältig ab. Nach beendigter Einwirkung enthält die Lösung Chloride des Kupfers, Silbers, aber auch, in geringeren Mengen, des Goldes. Durch Eisenvitriollösung läßt sich letzteres aus der mit Wasser verdünnten Auflösung abscheiden. Arme Goldlegirungen (mit weniger als 60 Proc. Gold) lassen sich jedoch auf diese Weise nicht färben, sondern werden wegen des allzu beträchtlichen Kupfergehalts schwarz.

2) Das Aetzen.

Während das Beizen die Entfernung fremder, vornehmlich oxydischer, Körper von der Oberfläche der Metallwaaren durch Anwendung von Auflösungsmitteln zum Zwecke hat, das Färben (im engeren Sinne) auf der Entfernung einzelner Bestandtheile der Legirungen beruht, besteht das Aetzen in einer Einwirkung chemischer Agentien auf ganz bestimmte Stellen eines metallenen Gegenstandes, so daß hier in Folge der stattfindenden Auflösung von Metall eine Vertiefung entsteht. Des Aetzens von Eisen zu dem Zwecke, seine Textur oder etwa vorhandene unganze Stellen deutlicher hervortreten zu lassen, wurde bereits oben (Seite 252) gedacht. Indem man nun aber die Stellen, auf welche das Aetzmittel einwirkt, nach bestimmten Vorschriften begrenzt, ist man im Stande, mit Hülfe des Aetzens auf einer Metalloberfläche auch bestimmte Linien, Ornamente, Inschriften hervorzubringen und somit auf chemischem Wege die weit mühsamere Arbeit des Gravirens wenigstens in manchen Fällen zu ersetzen.

Zum Schutze derjenigen Stellen der Metalloberfläche, welche von der Aetzflüssigkeit nicht angegriffen werden, also erhaben vor den geätzten Stellen heraustreten sollen, versieht man sie mit einem Ueberzuge, welcher in den meisten Fällen aus einer harzartigen Substanz oder aus Gemischen verschiedener Substanzen (Wachs, Lack, Asphalt u. a. m.) besteht. Hinsichtlich der durch das Aetzen darzustellenden Figuren sind nun aber hierbei zwei Wege möglich.

Man kann entweder diejenigen Stellen, wo die Linien, aus denen die Darstellungen gebildet werden, erscheinen sollen, frei von dem Aetzgrunde halten, indem man denselben dort durch Schaben, Radiren oder dergleichen entfernt, und nun das Aetzmittel einwirken lassen. Die geätzten Stellen erscheinen dann offenbar als vertiefte Linien auf erhabenem Grunde und das Verfahren heißt **Tiefätzen**. Man pflegt hierbei derartig zu Werke zu gehen, daß man ein Stück des vorher bereiteten Aetzgrundes (z. B. 2 Thle. Wachs, 1 Thl. Asphalt, 2 Thle. Mastix) in feine Leinewand und dann noch in trockenen Taffet einschlägt, die zu ätzende Metallfläche erwärmt und nun die eingeschlagene Masse mit gelindem Drucke auf derselben umherführt, wobei ein Theil des Aetzgrundes durch die Poren der Leinewand und des Taffets hindurchschwitzt und als dünne Schicht die Metallfläche überzieht. Eine andere Vorschrift ist folgende. 16 g

Mastix in Thränen und 50 g Burgunderharz werden pulverisirt und in einem irdenen Topfe bei gelinder Wärme geschmolzen; zu der geschmolzenen Masse fügt man stückweise 125 g reines Jungfernwachs und rührt mit einem Holzspatel gut um. In einem zweiten Topfe schmilzt man 200 g reinen Asphalt und setzt nun die erste Mischung allmälig hinzu. Nach halbstündigem Kochen nimmt man die Mischung vom Feuer und versetzt sie unter stetem Rühren mit 500 g rectificirtem Terpentinöl. Dann filtrirt man durch ein Leinewandläppchen und hebt die Flüssigkeit in gut verkorkten Flaschen auf. Beim Gebrauche giebt man einige Tropfen dieser Lösung auf die sorgfältig abgeriebene Metallplatte, verreibt sie mit einem Pinsel und läßt sie trocknen. Mit geeigneten Werkzeugen werden nun die betreffenden Linien in den Aetzgrund eingearbeitet.

Oder man kann umgekehrt nur diejenigen Linien, aus denen die Darstellungen bestehen, mit dem Aetzgrunde überziehen. Letztere erscheinen alsdann nach dem Aetzen erhaben auf vertieftem Grunde, und das Verfahren heißt **Hochätzen**. Man löst in diesem Falle den Aetzgrund in einer geeigneten Flüssigkeit, z. B. Terpentinöl, und trägt ihn mit der Feder oder dem Pinsel auf.

Die angewendeten Aetzflüssigkeiten sind für verschiedene Metalle und verschiedene Zwecke verschieden.

Beispiele.

Für Eisen- und Stahlwaaren.

40 g reine concentrirte Essigsäure und 10 g absoluter Alkohol werden mit 10 g Salpetersäure gemischt.

Oder: 10 g rauchende Salpetersäure mit 50 g Essigsäure gemischt; für schwächere Töne wird die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt.

Oder: 420 g Wasser, 15 g Quecksilberchlorid, 1 g Weinsteinsäure, 16 bis 20 Tropfen Salpetersäure.

Oder: 8 g Salpetersäure, 1 g Silbernitrat in wenig Wasser gelöst, 120 Thle. Weingeist von 80 Proc.

Nicht selten will man auf eisernen Geräthen glänzende Figuren auf mattem Grunde oder umgekehrt herstellen; z. B. auf Säbelklingen, an den inneren Theilen diebessicherer Geldschränke, und in anderen Fällen. Zu diesem Zwecke polirt man zunächst die ganze Fläche blank, überzieht sie dann an denjenigen Stellen, welche glänzend bleiben sollen, mit dem Aetzgrunde (bei fabrikmäßiger Herstellung mit Hülfe einer Schablone) und setzt nun den Gegenstand der Einwirkung von Salzsäuredämpfen aus, welche man durch Uebergießen von Kochsalz mit concentrirter Schwefelsäure entwickelt. Der Aetzgrund läßt sich nach beendigter Aetzung durch Terpentinöl oder ein anderes geeignetes Lösungsmittel entfernen.

Für Kupfer, Tombak, Messing.

Man benutzt verdünnte Salpetersäure; oder man verdünnt 10 Thle. concentrirte Salzsäure mit 70 Thln. Wasser und gießt dann diese Mischung zu einer siedenden Lösung von 2 Thln. Kaliumchlorat in 20 Thln. Wasser. Für schwächere Parthien verdünnt man mit noch 100 bis 200 Thln. Wasser.

Für feinere Zeichnungen wird eine Mischung von drei Maßtheilen gesättigter saurer Kupfernitratlösung mit einem Maßtheile einer gesättigten Salmiaklösung in Essig empfohlen.

Für Zink.

In 560 g Wasser siedet man 40 g zerstoßene Galläpfel bis auf ein Drittel ein, filtrirt durch Leinewand und gießt 2 Tropfen Salpetersäure nebst 3 bis 4 Tropfen Salzsäure hinzu. Bei sehr feinen Arbeiten wird die kräftig wirkende Aetzflüssigkeit stark verdünnt, nach der Einwirkung sorgfältig abgespült und die Fläche mit einer Lösung von arabischem Gummi bestrichen.

Zum Hochätzen von Zink empfiehlt Böttger folgendes Verfahren. 1 Gewthl. trockenes Platinchlorid sowie 1 Gewthl. arabisches Gummi werden in 12 Thln. Wasser gelöst und die Schriftzüge mit Hülfe eines feinen Gänsekiels mit dieser Lösung auf das zuvor blank gebeizte und gescheuerte Zinkblech aufgetragen, wobei sie in Folge der Entstehung eines Platinüberzuges auf dem Zink mit tief schwarzer Farbe sichtbar werden. Ehe dieselben trocken geworden sind, übergießt man sie mit Wasser und legt dann das Zinkblech einige Augenblicke in eine Auflösung von Kaliumgoldcyanür, so daß es sich mit einer ganz dünnen Schicht Gold bekleiden kann, hierauf in stark verdünnte Salpetersäure (1 : 16). Man sieht nun, besonders wenn man die Fläche mit einem Pinsel überfährt, das auf dem Zink sitzende Gold sich abblättern, während das auf dem stark elektronegativen Platin sitzende Gold haften bleibt und das Zink gegen die Einwirkung der Säure schützt. Bei längerer Einwirkung treten auf diese Weise die mit Platin überzogenen Stellen erhaben gegen die übrigen heraus.

Galvanisches Aetzen.

Benutzt man bei galvanischen Arbeiten als Anode ein Metallblech, welches von den bei der Zerlegung entstehenden elektronegativen Bestandtheilen in eine im Bade lösliche Verbindung übergeführt wird, so wird allmälig, wie früher mehrfach erwähnt wurde, die Platte unter Einwirkung dieser Vorgänge aufgelöst. Verwendet man also eine Metallplatte als Anode, welche an einzelnen Stellen durch einen schützenden Ueberzug (Aetzgrund) jener Einwirkung entzogen ist, so wird sich die letztere nur auf die nicht geschützten Stellen erstrecken, und es wird mithin ein wirkliches Aetzen, hervorgerufen durch die Wirkung des galvanischen Stroms, stattfinden. Wenn nun zwar dieses galvanische Aetzen wegen der Anwendung

eines galvanischen Apparats sich weniger einfach gestaltet als das Aetzen durch die unmittelbare Einwirkung von Säuren und aus diesem Grunde mehr für die Benutzung im Großen als für kleinere Werkstätten geeignet sein dürfte, so bietet es doch auch mancherlei Vortheile. Hierher gehört zunächst die Vermeidung der Säuredämpfe, welche besonders dann sehr lästig werden können, wenn man Salpetersäure als Aetzmittel benutzt; ferner der Umstand, daß ein sogenanntes „Unterfressen“ des Metalls, d. h. eine Ausdehnung der Einwirkung nach den Seiten unterhalb des Aetzgrundes hin, niemals stattfindet; endlich die Leichtigkeit, mit der sich die Einwirkung reguliren läßt.

Die Zusammensetzung des Aetzgrundes ist eine ähnliche als beim gewöhnlichen Aetzen (für Kupferplatten wird z. B. empfohlen: 4 Thle. Wachs, 4 Thle. Asphalt, 1 Thl. schwarzes Pech), und das Auftragen geschieht in derselben Weise wie dort. Zuvor löthet man an die zu ätzende Platte einen Kupferdraht, welcher mit dem Leitungsdrahte von der Batterie aus verbunden wird. Als Flüssigkeit benutzt man für Kupfer verdünnte Schwefelsäure (1 : 20), für Gold oder Silber Cyankaliumlösung. Will man verschieden tief ätzen, so überzieht man diejenigen Stellen, an welchen die Einwirkung zur Genüge stattgefunden hat, nachdem sie gereinigt und getrocknet worden sind, mit Firniß und ätzt dann weiter. Selbstverständlich läßt sich das Verfahren ebensowohl zum Tiefätzen als zum Hochätzen benutzen.

3) Metallüberzüge auf trockenem Wege.

Schon bei Besprechung der galvanoplastischen Arbeiten im vorigen Abschnitte wurde hervorgehoben, daß die auf sogenanntem nassen Wege (durch Eintauchen, Ansieden oder mit Hülfe eines galvanischen Stroms) erzeugten Metallüberzüge zwar wegen der verhältnißmäßigen Billigkeit ihrer Herstellung sowie der Mannigfaltigkeit in der Zahl der dafür zu benutzenden Metalle als Verschönerungsmittel sehr geeignet seien, während andererseits ihre Fähigkeit, als Schutz für Metallwaaren gegen chemische Einwirkungen zu dienen, sehr beschränkt, ja in den meisten Fällen gleich Null sei.

Ein wirksamerer Schutz läßt sich hervorrufen, wenn man auf sogenanntem trockenem Wege Metallüberzüge herstellt. Es giebt hierfür zwei verschiedene Wege, welche im Folgenden besprochen werden sollen. Beide besitzen neben dem soeben angedeuteten Vorzuge allerdings den Nachtheil einer größeren Kostspieligkeit und weit geringerer Mannigfaltigkeit in der Zahl der als Ueberzüge zu benutzenden Metalle.

a. Metallüberzüge durch Aufschmelzen.

Man erzeugt dieselben, indem man das als Ueberzug zu benutzende Metall im flüssigen Zustande mit dem zu überziehenden, an der Oberfläche vollständig metallisch reinen Metallgegenstande in Berührung bringt, wobei vermöge der Ab-

häsion eine Schicht des ersteren auf dem anderen haften bleibt. Der physikalische Vorgang hierbei ist also im Wesentlichen der nämliche als bei einigen der im dritten Abschnitte besprochenen, auf der Adhäsionswirkung beruhenden Verbindungsarbeiten (Löthen u. a.); und dem Gelingen der Arbeit setzen sich die nämlichen Schwierigkeiten wie dort entgegen. Vor Allem ist es aus naheliegenden Gründen nothwendig, daß die Schmelztemperatur des als Ueberzug zu benutzenden Metalls niedriger liege als diejenige des Metalls, aus dem das Arbeitsstück besteht; und da während der ganzen Zeitdauer der Berührung (des Eintauchens ꝛc. in das flüssige Metall) das erstere auch in vollständig flüssigem Zustande erhalten werden muß, so steigert sich die Schwierigkeit der Ausführung mit der Schmelztemperatur desselben. Aus diesem Grunde pflegt man nur zwei Metalle für solche Ueberzüge zu benutzen: das Zinn (sowie dessen Legirungen mit Blei, welche ihres niedrigeren Schmelzpunkts halber noch leichter verwendbar sind) und das Zink.

Anderentheils ist es, wie beim Löthen, erforderlich, daß vollständige metallische Reinheit der Oberfläche nicht nur vor der Arbeit hergestellt, sondern auch während der Arbeit erhalten werde; und hier wie dort ist man deshalb öfters genöthigt, zur Anwendung chemischer Reinigungsmittel Zuflucht zu nehmen.

Das Verzinnen.

Bei der verhältnißmäßig großen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, durch welche das Zinn sich auszeichnet, wird eine Verzinnung nicht selten vorgenommen, wenn Gegenstände aus anderen Metallen, besonders solchen, die für den Gebrauch im Haushalte bestimmt sind, vor jenen Einflüssen geschützt werden sollen. Vorzugsweise verzinnt man Kupfer und Schmiedeeisen, ersteres um die Grünspanbildung beim Kochen saurer Flüssigkeiten zu erschweren, letzteres, um es vor Rost zu schützen und ihm zugleich ein schöneres Aussehen zu verleihen. Gußeisen wird wegen der größeren Schwierigkeit des Gelingens weit seltener auf trockenem Wege verzinnt.

Hierbei kann man nun zwei Wege einschlagen. Man kann entweder den fertigen Gebrauchsgegenstand (Kochtopf, Löffel oder dergl.) verzinnen; oder man kann bereits das Zwischenproduct (Blech) für die Herstellung desselben verzinnen und weiter verarbeiten. Letztere Methode besitzt dieselben Nachtheile wie die Herstellung und Anwendung plattirter Bleche (S. 202); alle bei der Verarbeitung entstehenden Abfälle sind ebenfalls verzinnt und, da eine Trennung des Zinns von dem überzogenen Metalle schwierig ist, eine Aufarbeitung der Abfälle ohne vorausgegangene Trennung aber ein sehr wenig brauchbares Erzeugniß liefern würde, ziemlich werthlos; alle Ränder (Schnittflächen) der verarbeiteten Bleche aber zeigen das unverzinnte Metall. Dagegen liefert diese Verzinnung der Bleche, sofern sie im Großen betrieben wird, mit verhältnißmäßig billigeren Kosten als die Verzinnung einzelner Gegenstände einen vollkommenen Erfolg, besonders wenn es sich um Herstellung verzinnter eiserner Gegenstände aus dünnen Blechen handelt; die verzinnten Bleche lassen sich mit größerer Leichtigkeit als unverzinntes Eisen mit Schnellloth löthen; und da der Werth der Abfälle bei Eisenblech ohne-

hin weniger als bei Kupferblech in Betracht kommt, so besitzt jene vorausgehende Verzinnung der dünnen Eisenbleche, welche für Herstellung einfach gegliederter, durch Schneiden, Biegen und Löthen herstellbarer Gegenstände bestimmt sind, ihre vollständige Berechtigung und bildet einen nicht unwichtigen Theil unserer metallurgischen Gewerbsthätigkeit. Man nennt solche verzinnte dünne Eisenbleche Weißbleche und ein ganzes Gewerbe, die Klempner, Belchner oder Spengler, befaßt sich mit deren Verarbeitung.

Das Verzinnen fertiger Geräthe.

Dasselbe gelingt sehr leicht, wenn kupferne oder messingene Gegenstände verzinnt werden sollen. Man reinigt die Oberfläche durch Abbeizen mit verdünnter Schwefelsäure und Scheuern, trocknet, bestreicht die zu verzinnende Fläche mit concentrirter Salmiak- oder Zinkchloridlösung, erwärmt über einem Kohlenfeuer, bringt etwas geschmolzenes Zinn darauf und reibt es mit einer in heißes Fett getauchten Bürste oder einem Wergbüschel aus einander. Das überschüssige Zinn wird rasch ausgegossen, ehe die Erstarrung eintritt.

Nicht ganz so leicht gelingt die Verzinnung auf Eisen. Man bedient sich deshalb zur Ausführung derselben häufig zweier Gefäße, deren erstes bleihaltiges und deshalb leichter haftendes Zinn, das zweite aber ganz reines Zinn enthält, und in welches die zu verzinnenden Gegenstände (Gefäße, Löffel u. a. m.) eingetaucht werden. Die Reinigung und Erhitzung geschieht, wie vorstehend beschrieben wurde; von Wichtigkeit ist ein sehr sorgfältiges Bestreichen mit Salmiaklösung, da das Zinn nur an den Stellen haftet, auf denen die beim Erwärmen sich unvermeidlich bildenden Oxyde durch diesen Kunstgriff entfernt wurden. Aus dem ersten Gefäße, dessen Inhalt nicht sehr beträchtlich über den Schmelzpunkt des Zinns erhitzt wird, kommen die Gegenstände mit einem ziemlich dicken Ueberzuge heraus, welcher mitunter krystallinische Structur und deshalb wenig Glanz besitzt; in dem zweiten Gefäße saigert, wie es scheint, dieses bleihaltige Zinn aus und es entsteht ein dünnerer, weißer, stark glänzender Ueberzug. In jedem dieser Gefäße verweilt das zu verzinnende Geräth nur einige Augenblicke; man nimmt es mit dem anhaftenden Zinn heraus und verreibt dieses rasch mit einem Wergbüschel.

Sehr einfach ist das Verzinnen kleiner Gegenstände: Nägel, Angeln, Schnallen u. a. Man beizt sie in verdünnter Säure, trocknet sie in Sägespänen und wirft sie in eine Pfanne mit geschmolzenem Zinn, welches mit einer Talgschicht (als Schutz gegen Oxydation) bedeckt ist. Nachdem sie hier einige Augenblicke verweilt haben, werden sie mit einem gabelartigen Werkzeuge herausgenommen und mit einem geschickten Kunstgriffe, so daß sie nicht zusammenlöthen können, in ein Gefäß mit Wasser geschleudert.

Die Herstellung des Weißblechs.

Da das Weißblech ausschließlich dazu bestimmt sein kann, durch Biegen, Drücken u. s. w. im kalten Zustande verarbeitet zu werden, so erklärt es sich, daß man zur Anfertigung des Weißblechs nur ein sehr weiches, dehnbares Eisen

benutzt, welches ganz besonders für diesen Zweck hergestellt zu werden pflegt, und daß anderentheils auch nur dünne Bleche für diesen Zweck Verwendung finden.

In der Regel besteht der Ueberzug des Weißblechs aus reinem Zinn; französische Fabrikanten liefern jedoch neben dieser besseren Sorte auch eine geringwerthigere Sorte Weißblech, für Bauarbeiten bestimmt, und mit stark bleihaltigem Zinn (bis 50 Proc. Blei) bekleidet. Auch etwas Zink wird hier und da wohl dem für den Ueberzug bestimmten Metalle beigefügt, wodurch angeblich ein besserer Schutz gegen das Rosten erreicht werden soll (z. B. 71 Thle. Zinn, 23,5 Thle. Blei, 5,5 Thle. Zink). Sehr weiße, glänzende, aber vermuthlich auch etwas sprödere Ueberzüge erhält man durch Zusatz von 5 bis 10 Proc. Wismuth zum reinen Zinn.

Das Verfahren für die Anfertigung des Weißblechs ist nicht in allen Gegenden genau das nämliche, sondern es zeigen sich bei demselben mehr oder minder große Abweichungen, je nachdem man mehr darauf ausgeht, die Herstellungskosten nach Möglichkeit zu vermindern oder eine möglichst vorzügliche Qualität zu liefern. In England, dessen Weißbleche sich durch ein vollendetes Aeußere vortheilhaft auszeichnen, pflegt man folgendermaßen zu verfahren.

Zunächst werden die Bleche in verdünnten Säuren gebeizt, in Wasser abgespült, getrocknet, in einem gußeisernen Kasten, welcher 800 bis 1000 Stück über einander geschichteter Bleche enthält und durch einen luftdicht aufgekitteten Deckel verschlossen gehalten wird, 12 bis 24 Stunden zum hellen Rothglühen erhitzt und dann noch einmal kalt zwischen den blank polirten Stahlwalzen eines Walzwerks hindurchgeführt, wodurch sie eine glatte, glänzende Oberfläche erhalten. Um ihnen die beim Kaltwalzen erzeugte Sprödigkeit zu nehmen, werden sie nun abermals einige Stunden geglüht und müssen dann zur Entfernung des beim Glühen entstandenen, als gelbe oder blaue Anlauffarbe erscheinenden Oxydhäutchens ein zweites Mal gebeizt werden. Man benutzt hierzu eine schwach saure, durch Gährung organischer Substanzen (gewöhnlich Kleie in Wasser) entstandene Flüssigkeit. Nachdem die Bleche mehrere Tage in dieser Beize verweilt haben, bringt man sie, ohne sie mit den Händen zu berühren, noch einmal ganz kurze Zeit in verdünnte Schwefelsäure, spült sie ab, scheuert sie mit Werg und feinem Sande vollends blank, um jedes zurückgebliebene Fleckchen zu entfernen, und legt sie zur Aufbewahrung vorläufig in Kalkwasser.

Soll das Verzinnen vor sich gehen, so nimmt man sie heraus und steckt mehrere Hundert mit einem Male in einen gußeisernen Kessel mit geschmolzenem Talg, in welchem sie so lange verweilen, bis jede Spur Feuchtigkeit vollständig entfernt ist. Diese Pfanne mit Talg, zum Trocknen der Bleche bestimmt, heißt der Vortopf. Der Talg in demselben muß bis zur beginnenden Zersetzung erhitzt sein; damit die entweichenden Zersetzungsproducte die Arbeiter nicht belästigen, versieht man den Vortopf mit einer gut schließenden Blechhaube und führt auch mitunter die Gase unter den Rost, um sie zu verbrennen. Aus diesem Vortopfe gelangen nunmehr die Bleche in einen zweiten Kessel, den Zinntopf, welcher geschmolzenes, gewöhnlich etwas bleihaltiges, Zinn enthält. Die Temperatur in diesem Zinntopfe ist von Wichtigkeit. Ist sie zu niedrig, so haftet das Zinn überhaupt nicht, ist sie zu hoch, so fällt die Zinnschicht zu dünn aus. In

diesem Gefäße verweilen die Bleche $1^1/_2$ bis 2 Stunden und gelangen dann in einen dritten Kessel, den **Waschtopf**, welcher ganz reines Zinn enthält. Zuvor jedoch läßt man auf einem Schragen die an den Blechen noch im flüssigen Zustande haftenden Zinntropfen ablaufen, um nach Möglichkeit einer Verunreinigung des im Waschtopfe befindlichen reinen Zinns mit dem weniger reinen vorzubeugen. Von dem reineren Zinn des Waschtopfs bildet sich nun ein zweiter Ueberzug auf dem ersten, aus dem Zinntopfe stammenden; und damit dieser hierbei nicht etwa aussaigere, hält man auf eine möglichst niedrige Temperatur im Waschtopfe. Trotzdem ist es unvermeidlich, daß das Zinn in letzterem mehr und mehr verunreinigt werde und man füllt es deshalb von Zeit zu Zeit hinüber nach dem Zinntopfe und setzt frisches Zinn in den Waschtopf ein.

Die Bleche werden einzeln aus dem Waschtopfe herausgenommen, noch heiß mit einer fettigen Hanfbürste in gleichmäßigen Strichen überfahren, damit das Zinn gleichmäßig ausgebreitet werde, abermals durch den Waschtopf gezogen, wodurch die beim Abwischen entstandenen Streifen vertilgt werden, und nun etwa 10 Minuten lang in einen vierten Kessel gestellt, welcher **Fetttopf** heißt und mit einem stark erhitzten Gemische aus Palmöl und Talg gefüllt ist. Das Zinn kommt hier innerhalb des heißen Fetts noch einmal zum Schmelzen, die untere bleihaltige Schicht, deren Schmelzpunkt niedriger liegt, saigert aus und tropft, da die Bleche senkrecht stehen, ab, das reine Zinn (die obere Schicht) breitet sich gleichmäßig und mit spiegelblanker Oberfläche aus. Die Menge des hier abtropfenden bleihaltigen Zinns beträgt bis 60 Proc. von dem gesammten auf den Blechen befindlich gewesenen Zinn. Die Behandlung in diesem Topfe muß eine sehr vorsichtige sein; man stellt deshalb nur wenige Tafeln mit einem Male ein und schützt sie vor gegenseitiger Berührung.

Aus dem Fetttopfe kommen die Bleche nunmehr in das letzte Gefäß, **Kalttopf** genannt, um hier einer allmäligen Abkühlung unterworfen zu werden. Der Kalttopf ist entweder leer und wird in diesem Falle nur durch die unmittelbare Nähe der übrigen Töpfe auf eine mäßige Temperatur erwärmt, oder man füllt ihn auch wohl mit schwach erwärmtem Palmöl. Die Bleche stehen in dem Kalttopfe senkrecht; etwas noch flüssiges Zinn fließt hierbei nach unten und bildet einen Wulst am unteren Rande, welchen man die **Tropfkante** nennt. Um diese zu entfernen, taucht man die Bleche noch einmal mit dem unteren Ende in den Fetttopf oder auch in ein besonders dazu bestimmtes und mit flüssigem Zinn gefülltes Gefäß, den **Saumtopf**. Der Wulst wird flüssig, man befördert durch Klopfen das Abfallen, und es hinterbleibt nur ein schmaler, durch geringeren Glanz gekennzeichneter Streifen, der **Saum**. Schließlich werden die Bleche durch Abreiben mit Kleie völlig gereinigt, sortirt und verpackt.

Auf deutschen Werken sucht man durch Weglassen des Fetttopfes mitunter die Arbeit zu vereinfachen. Die Bleche passiren nach einander drei mit immer reinerem Zinn gefüllte Pfannen (die betreffenden Arbeiten heißen das **Einbrennen** in der ersten, das **Abbrennen** in der zweiten, das **Durchführen** in der dritten Pfanne), dann wird der Wulst abgeschmolzen.

Auch durch Anwendung von Maschinen hat man die immerhin langwierige Arbeit des Verzinnens in der beschriebenen Weise abzukürzen gesucht, besonders

wenn größere Blechtafeln, deren gleichmäßige Verzinnung schwieriger ist, zur Verarbeitung gelangen. Die bekannteste dieser Maschinen ist von Girard eingeführt

Fig. 69.

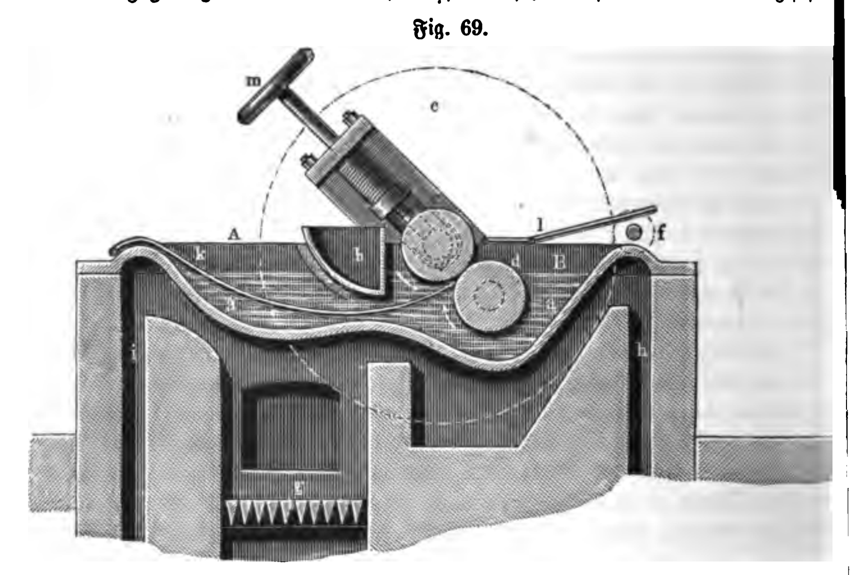
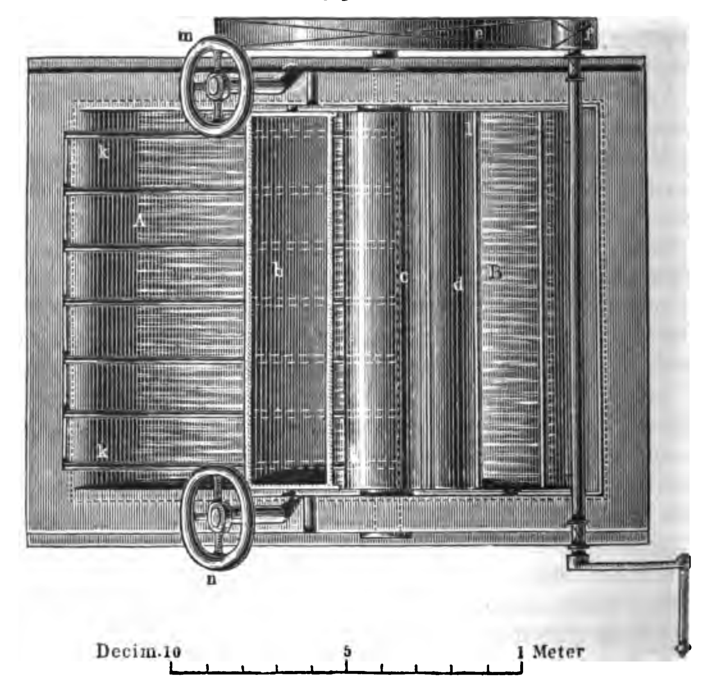


Fig. 70.



und hat die in den Figuren 69 und 70 dargestellte Einrichtung. *A B* ist die gußeiserne Pfanne, welche das geschmolzene Zinn enthält und von unten durch die Feuerung *g* geheizt wird. *k k* sind schmiedeeiserne Führungsstäbe, auf welchen das Blech in das Bad gelangt. *b* ist ein kastenartiges gußeisernes Querstück, theils zu dem Zwecke, eine obere Führung für das Blech zu bilden, theils um die in dem Theile *A* sich ansammelnden Unreinigkeiten dort zurückzuhalten und vor dem Hinübergehen nach *B* zu bewahren. *c d* sind die Walzen, in zwei mit Stellschrauben versehenen Ständern gelagert und von den Getrieben *e f* aus bewegt. *l* sind Führungsstäbe für die austretenden Bleche. Das Zinn ist in der Abtheilung *A* mit Zinkchlorid, in *B* mit Talg bedeckt. Das Blech wird zwei- oder dreimal durch den Apparat hindurchgeführt, nachdem es, wie gewöhnlich, zuvor den Zinntopf und Waschtopf passirt hat; die Anwendung des Fetttopfes dagegen fällt weg, das Zinn wird gleichmäßig ausgebreitet und das überschüssige Zinn abgestreift.

Der Zinnverbrauch bei der Weißblechdarstellung pflegt 6½ bis 8 Proc., der Zinngehalt des fertigen Blechs 3 bis 5 Proc. von dem Gewichte des Blechs zu betragen.

Mitunter kommen Weißbleche oder Weißblechwaaren in den Handel, deren Zinnschicht nicht jenen spiegelnden Glanz des gewöhnlichen Weißblechs besitzt, sondern deutlich Krystallbildungen erkennen läßt, und welche man dieses ihres eigenthümlichen Aussehens halber **Moirébleche** zu nennen pflegt. Dieselben lassen sich unschwer erzeugen, indem man gewöhnliches Weißblech bis zum Schmelzen des Zinns erhitzt und dann langsam erkalten läßt; je langsamer die Erkaltung vor sich geht, desto größer werden die Krystalle. Deutlicher und schöner noch tritt die Zeichnung hervor, wenn man nach dem Erkalten das Blech mit verdünnter Salzsäure behandelt; selbst ohne vorausgegangene Erhitzung erhalten die Weißblechtafeln durch Beizen mit verdünnter Salzsäure jenen moiréartigen Charakter und perlmutterartigen Glanz, jedoch in weniger schöner Weise. **Böttger** empfiehlt zum Beizen eine Mischung aus 4 Thln. Wasser, 1 Thl. Salpetersäure, 2 Thln. Salzsäure, 2 Thln. Zinnsalz, in welche die Bleche, nachdem sie bis zum Schmelzpunkte des Zinns erhitzt worden waren, eingetaucht werden. Buchstaben, Figuren in Moiré erzeugt man, indem man mit einem stark glühenden Löthkolben über den verzinnten Gegenstand aus Weißblech hinfährt. In allen Fällen werden die Bleche, nachdem man sie durch Eintauchen in kochendes Wasser erwärmt hat und das Wasser verdunstet ist, mit einer farblosen oder gefärbten Lackschicht überzogen, weil sie sonst sehr bald unter dem Einflusse der Luft ihr schönes Aussehen verlieren und fleckig werden.

Das Verzinken.

Obschon das Zink an und für sich weit weniger widerstandsfähig als das Zinn gegen chemische Einflüsse, insbesondere auch gegen die Einwirkungen der Atmosphärilien ist, auch im Aeußeren unvortheilhaft von jenem absticht, so hat es doch einestheils vor dem Zinn den Vorzug einer erheblich größeren Billigkeit

voraus, anderentheils, was besonders wichtig ist, wird es durch sein eigenthümliches galvanisches Verhalten geeignet, als Schutzmittel für andere damit überzogene Metalle, insbesondere für das Eisen gegen das Rosten zu dienen. Da das Zink nämlich gemäß der auf Seite 223 mitgetheilten elektrischen Spannungsreihe der Metalle dasjenige unter ihnen ist, welches in Berührung mit einem anderen am stärksten positiv elektrisch wird, so wird das mit Zink bekleidete Eisen negativ elektrisch und bei der Zerlegung vom Wasser tritt demnach der elektronegative Bestandtheil desselben, der Sauerstoff, an das Zink und das Eisen bleibt geschützt. Die Wirkung ist um so andauernder, als das entstehende Zinkoxyd selbst wieder fähig ist, als Schutzmittel für das darunter befindliche Metall zu dienen, im Gegensatze zu dem Roste des Eisens, welcher bekanntlich stetig nach dem Innern des damit überzogenen Eisenstücks hin fortschreitet.

Dieses Verhalten des Zinks wird daher seit einer Reihe von Jahren benutzt, um eisernen Gegenständen, welche den Einflüssen der Witterung ausgesetzt sind, einen ziemlich wirksamen Schutz gegen das Verrosten zu geben; es ist durch Versuche nachgewiesen, daß verzinkter Telegraphendraht, welcher seit 25 Jahren im Gebrauche war, nur geringe Spuren der Verschlechterung erkennen läßt, während unverzinkter schon nach 15 bis 20 Jahren unbrauchbar wird.

In Rücksicht auf die besprochene Ursache der größeren Widerstandsfähigkeit verzinkten Eisens hat man demselben den, kaum glücklich gewählten, Namen: galvanisirtes Eisen gegeben [1]).

Man verzinkt vorzugsweise Bleche (für Dachbedeckungen) und Drähte (für Telegraphenleitungen, Einfassungen u. dergl.).

Das Verfahren ist demjenigen des Verzinnens ähnlich, jedoch einfacher, da bei der gröberen Beschaffenheit der für Verzinkung bestimmten Gegenstände und bei dem ohnehin unscheinbareren Aussehen des Zinks es weniger als bei der Verzinnung auf höchste Vollendung im Aeußeren ankommt: das Eisen wird gebeizt, gescheuert, abgespült, in eine Lösung von Zinkchlorid mit Salmiak getaucht, getrocknet und dann mit Hülfe einer besonders geformten Zange, welche an einem Flaschenzuge hängt, in das geschmolzene Zink eingetaucht, welches sich in einem gußeisernen Kessel befindet. Stellen, wo das Zink nicht haften will, werden mit einem Stückchen Salmiak eingerieben oder mit Zinkchlorid bestrichen und abermals eingetaucht. Nach dem Herausziehen legt man die verzinkten Gegenstände in Wasser, reibt sie mit einer Bürste ab und trocknet sie in Sägespänen.

b. Metallüberzüge durch Amalgamation (Feuervergoldung und Feuerversilberung).

Dieses Verfahren beruht auf der Anwendung von Amalgamen (Legirungen mit Quecksilber) der für die Herstellung von Ueberzügen bestimmten Metalle, welche im breiartigen Zustande auf die zu überziehende, vorher vollständig gereinigte

---

[1]) Die Bezeichnung rührt von dem Franzosen Sorell her, welcher zuerst seit 1836 im Großen verzinktes Eisen darstellte und in den Handel brachte.

Oberfläche aufgetragen und dann durch Erhitzung zerlegt werden, wobei das Quecksilber sich verflüchtigt und das andere Metall als fest haftender Ueberzug zurückbleibt. Durch Wiederholung dieses Verfahrens lassen sich Ueberzüge von größerer Stärke herstellen (zweimal, dreimal im Feuer vergoldet ꝛc.), welche sich durch große Dauerhaftigkeit auszeichnen.

Das Verfahren ist wegen des Quecksilberverbrauchs kostspielig und nicht ohne Gefahr für die Gesundheit des Arbeiters. Schon aus diesem Grunde war es auch früher nur gebräuchlich für Herstellung von Ueberzügen aus Edelmetallen, insbesondere für Vergoldung; seitdem man aber durch Einführung des galvanischen Verfahrens in den Stand gesetzt worden ist, Ueberzüge von durchschnittlich gleicher äußerer Schönheit auf billigere Weise zu erzielen, ist es mehr und mehr außer Gebrauch gekommen und gelangt nur noch in besonderen Fällen, z. B. zur Herstellung einer besonders schönen matten Vergoldung, zur Verwendung.

Man vergoldet vorwiegend Gegenstände aus Silber wie aus kupferreichem, etwas zinnhaltigem Messing (Tombak, Bronze). Dieselben werden geglüht, mattirt (S. 254 u. 255) und gebeizt. Auf blanken Oberflächen haftet der Ueberzug weniger gut als auf mattirten. Gegenstände aus Kupfer, Messing, Bronze müssen nun zunächst verquickt werden, indem man sie anhaltend mit einer Kratzbürste behandelt, welche in eine stark saure Lösung von Quecksilbernitrat getaucht wird. Schon diese Arbeit wirkt bei vielfach wiederholter Ausführung nachtheilig auf die Gesundheit der Arbeiter. Die giftige Salzlösung bringt in die Hautporen, unter die Nägel der Arbeiter, krampfhaftes Zittern, Hautausschläge, Schwächung des Denkvermögens treten mit der Zeit ein.

Zur Bereitung des Goldamalgams benutzt man Feingold, wenn man eine rein gelbe Vergoldung, silberhaltiges, wenn man eine grünliche Vergoldung hervorbringen will. Das Gold wird in feine Stückchen zerschnitten und in einem Tiegel zum schwachen Glühen erhitzt; dann giebt man die achtfache Menge reinen Quecksilbers darüber, erwärmt noch einige Minuten unter Umrühren und gießt das Ganze in eine Schale mit kaltem Wasser aus, um eine schnelle Abkühlung zu bewirken und Krystallisation, durch welche Körner entstehen würden, zu verhindern. Das erkaltete Amalgam wird nun durch Drücken und Kneten von dem überschüssig vorhandenen Quecksilber befreit, bis es eine teigartige Consistenz angenommen hat und an den Wänden der Schale kleben bleibt. Es enthält dann 33 Proc. Gold, 67 Proc. Quecksilber.

Das Auftragen des Amalgams auf die Oberfläche des Arbeitsstücks geschieht, wenn letzteres aus Kupfer oder einer Kupferlegirung besteht, mit Hülfe der messingenen Kratzbürste; man taucht sie zunächst in das oben erwähnte Quickwasser, nimmt dann von dem Amalgame etwas auf und verreibt es sorgfältig auf der Oberfläche. Auf silberne Waaren dagegen, welche nicht verquickt werden dürfen, muß das Amalgam mit der Hand aufgerieben werden, welche zu diesem Zwecke mit einem dicken ledernen Handschuh bekleidet ist. Die ganze Arbeit erfordert große Sorgfalt und ziemlich lange Zeit. Alsdann folgt das „Abrauchen", d. h. die Verflüchtigung des Quecksilbers. Unter einem aus Glasfenstern gebildeten und mit scharf ziehendem Dunstabzuge versehenen Mantel befinden sich die Glühöfen, kleine, mit Holzkohlen geheizte Feuer. Der Arbeiter ergreift den zu

vergoldenden Gegenstand mit der linken, mit einem dicken Lederhandschuh bekleideten Hand, dreht ihn über dem Feuer hin und her, und in dem Maße, wie das Quecksilber verschwindet, reibt er ihn mit einer Bürste, um die Vergoldung gleichmäßiger zu machen und das noch nicht zersetzte Amalgam auf die weniger stark damit versehenen Theile zu bringen. Die Arbeit pflegt bei größeren Gegenständen mehrere Stunden, ja unter Umständen ganze Tage in Anspruch zu nehmen; nicht allein die sich entwickelnden Quecksilberdämpfe, auch die Arbeit in dem stark erhitzten und doch zur Ableitung der Quecksilberdämpfe stark ziehenden Raume gefährden die Gesundheit des Arbeiters.

Ist die Arbeit gelungen, so zeigen die Gegenstände, nachdem die letzten Spuren Quecksilber verraucht sind, eine schöne gelbe Farbe. Soll die Vergoldung glänzend werden, so polirt man sie nun mit einem Blutsteine, der in essighaltiges Wasser getaucht wird; soll sie ganz matt werden, so werden die Gegenstände nochmals mit einem Brei aus 8 Thln. Salpeter, 7 Thln. Kochsalz und 5 Thln. Alaun geglüht, dann in Wasser abgelöscht.

Zur Erzielung einer röthlichen Vergoldung wird der in beschriebener Weise vergoldete Gegenstand in geschmolzenes sogenanntes „Glühwachs" getaucht, bestehend aus Wachs mit etwas Grünspan und Alaun, auch wohl Zinkvitriol, Eisenvitriol, Borax enthaltend, und dann über Kohlenfeuer bis zum vollständigen Verbrennen des Wachses erhitzt.

Feuerversilberung wird in ganz ähnlicher Weise als die Vergoldung ausgeführt.

Es sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, um die große Gefährlichkeit der Feuervergoldung beziehentlich -Versilberung abzumindern. Pariser Fabrikanten (Dufresne, Christofle) verquickten die zu überziehenden Gegenstände zunächst auf galvanischem Wege, gaben dann ebenfalls auf galvanischem Wege einen Gold- oder Silberüberzug, hierüber wieder eine Quecksilberdecke und unterwarfen nunmehr den Gegenstand dem Abrauchen, wobei das mühselige Einreiben des Amalgams ganz wegfiel. Bei der Vollkommenheit, zu welcher die galvanische Vergoldung und Versilberung inzwischen ausgebildet worden ist, besitzt auch jene Methode kaum noch einen großen Werth.

4) Die Oxydationsarbeiten.

Da bestimmte Oxyde mancher Metalle mitunter widerstandsfähiger gegen chemische Einflüsse sind als die Metalle selbst, so ist der Fall nicht selten, daß man die Oberfläche eines Metallgegenstandes auf künstlichem Wege oxydirt und solcherart einen Schutz gegen Zerstörung hervorruft. Eisen, den Witterungseinflüssen mit ungeschützter Oberfläche preisgegeben, überzieht sich bekanntlich sehr bald mit einer Rostschicht, aus Eisenhydroxyd bestehend, welche nicht allein dem Gegenstande ein unschönes Aussehen verleiht, sondern auch durch Fortpflanzung nach innen eine allmälig fortschreitende Zerstörung desselben bewirkt. Dagegen ist die als

Eisenoxyduloxyd bekannte Sauerstoffverbindung des Eisens vollständig widerstandsfähig gegen die Einflüsse der Atmosphärilien, ja selbst gegen diejenigen schwacher Säuren, und sie besitzt dabei eine nicht unangenehme, blauschwarze, mattglänzende Farbe; gelingt es also, das Eisen mit einem festhaftenden Ueberzuge von Eisenoxyduloxyd zu versehen, so ist es hinlänglich gegen das Rosten geschützt.

Mitunter auch bestehen die künstlich hervorgerufenen Ueberzüge nicht aus reinen Oxyden, sondern aus kohlensauren oder anderen Verbindungen, sobald diese die Eigenschaft, widerstandsfähig und haftbar zu sein, besitzen.

In manchen Fällen auch soll durch die Oxydation weniger ein Schutz als eine Verschönerung des Aeußern hervorgebracht werden; insbesondere dann, wenn Kunstgegenstände nach antiken Mustern vorliegen und die durch die Zeit hervorgerufene Färbung der letzteren nachgeahmt werden soll; hierher gehört das sogenannte oxydirte Silber, die Patina auf Bronzewaaren u. a. m. Mit solchen mehr zur Verschönerung wie zum Schutze bestimmten Ueberzügen können natürlich ebensowohl solche Gegenstände versehen werden, welche aus dem zu oxydirenden Metalle selbst bestehen, als auch solche, welche auf galvanischem oder anderm Wege nur einen Ueberzug desselben erhalten hatten.

Oxydation des Eisens.

In früherer Zeit versuchte man vielfach, auf nassem Wege auf eisernen Gegenständen (Flintenläufen, Kunstgegenständen u. a.) oxydische Ueberzüge hervorzurufen und nannte das Verfahren hierfür wegen der entstehenden braunen Farbe „Brüniren“ des Eisens. Es giebt eine große Zahl Vorschriften zum Brüniren, ohne daß jedoch eine derselben im Stande wäre, ihren Zweck in annähernd vollkommner Weise zu erfüllen; man war vielmehr stets genöthigt, den brünirten Eisenwaaren, welche der Feuchtigkeit ausgesetzt werden mußten, einen zweiten Ueberzug aus Wachs, Firniß u. dergl. zu geben, welcher somit das eigentliche Schutzmittel bildete.

Ungleich wirksamer ist, wie schon oben erwähnt, ein Ueberzug aus Eisenoxyduloxyd, der sich jedoch nur durch Glühen des Eisens unter bestimmten Einflüssen erzeugen läßt. Die Methoden hierfür sind verschieden.

Schon seit längerer Zeit war die Beobachtung gemacht worden, daß die zuerst in Rußland gefertigten sogenannten Glanzbleche — dünne Bleche von glänzend schwarzer Farbe — dem Rosten weit weniger als gewöhnliche Bleche unterworfen seien; und Percy wies zuerst nach, daß jene Bleche diese Eigenschaft dem aus Oxyduloxyd bestehenden Ueberzuge verdanken, welcher ihnen das charakteristische Aeußere verleiht. Die Erzeugung dieses Eisenoxyduloxydüberzuges geschieht, indem man die Bleche zunächst mit einer Rostschicht überzieht, welche dann durch reducirendes Glühen in jene Verbindung umgewandelt wird. Man bürstet die für die Anfertigung bestimmten, aber noch etwas stärkeren Bleche mit Wasser, um Rost zu erzeugen, bestreut sie mit Holzkohlenstaub, erhitzt sie, nachdem mehrere Tafeln auf einander gelegt worden sind, zur Rothgluth und hämmert oder walzt sie aus. Dann wird dasselbe Verfahren wiederholt. Schließlich legt man 70 bis

100 solcher Tafeln auf einander, verbindet sie durch umgelegte Ausschußbleche zu einem Ganzen, erhitzt sie mehrere Stunden lang und bearbeitet sie gemeinsam unter polirten Walzen oder einem Hammer mit glatter Bahn; dieses Glühen und Strecken wird mehrmals wiederholt.

Professor Barff in London war es, der seit 1875 zuerst mit Erfolg auch auf fertigen Eisenwaaren einen haltbaren und schützenden Oxyduloxydüberzug herstellte. Er benutzt zur Oxydation überhitzten Wasserdampf, welchem die Eisenwaaren mehrere Stunden hindurch bei einer Temperatur von 650° C. ausgesetzt werden. Dieselben befinden sich eingeschlossen in einer Muffel oder Kammer, welche von außen erhitzt wird und durch welche der in einem besonderen Apparate überhitzte Wasserdampf hindurchstreicht. Das Verfahren hat sich besonders für Gegenstände aus schmiedbarem Eisen als durchaus brauchbar erwiesen.

Statt des Wasserdampfs oder, in gewissen Fällen, neben demselben benutzt G. Bower als Oxydationsmittel Kohlensäure, gemischt mit Stickstoff und etwas überschüssigem Sauerstoff, ein Gasgemenge, wie es durch Verbrennung von Generatorgasen erhalten wird. Dadurch ist die Anlage der erforderlichen Apparate vereinfacht, die Kosten des Processes sind ermäßigt, und die Erfahrung hat gelehrt, daß das Bower'sche Verfahren vorzugsweise zum Ueberziehen von Gußeisen geeignet sei. Der Vorgang dabei ist folgender. Die zu oxydirenden Gegenstände befinden sich auf dem mit aufstehenden Rippen versehenen Boden einer überwölbten, in ihrer Form dem Herde eines gewöhnlichen Blechglühofens ganz ähnlichen Kammer. In einer zweiten, mit feuerfesten Ziegeln ausgesetzten Kammer unter der Sohle jener ersten Kammer wird das vom Generator kommende Gas durch zugeführte heiße Luft verbrannt. Die Verbrennungsgase steigen empor, ziehen durch die mit den Eisenwaaren angefüllte Kammer hindurch und werden durch einen Fuchs am entgegengesetzten Ende der Kammer nach einem aus einer großen Zahl horizontaler Röhren gebildeten Lufterhitzungsapparate zum Zwecke der Heizung desselben geführt, in welchem die zuströmende Verbrennungsluft erhitzt wird. Unter der Einwirkung der Gase auf die in der Kammer aufgespeicherten Eisengegenstände entsteht ein Ueberzug von Eisenoxyduloxyd auf denselben, über diesem aber noch eine dünne Haut von Eisenoxyd. Dieser Theil des Processes dauert ungefähr eine halbe Stunde. Alsdann wird das Luftventil geschlossen; anstatt der oxydirenden Gase tritt nunmehr ein kohlenoxydreicher Gasstrom in die Kammer, welchen man etwa eine Viertelstunde lang auf die Eisenwaaren wirken läßt, und welcher dabei jenes Oxydhäutchen zu Oxyduloxyd reducirt. Dann beginnt, damit der Ueberzug stärker werde, das nämliche Verfahren von Neuem; und man wiederholt es so oft, bis die erforderliche Dicke erreicht ist. Gegenstände, welche unter Dach aufbewahrt werden, erfordern im Ganzen eine drei- bis vierstündige, Gegenstände, die im Freien stehen, eine fünf- bis sechsstündige Einwirkung. Statt der kohlenoxydreichen Generatorgase kann man auch Kohlenwasserstoffe oder Wasserstoffgas benutzen, wenn man die Oxydation theilweise oder ganz durch Wasserdampf herbeiführen will.

Oxydation des Kupfers und seiner Legirungen.

Die hierher gehörigen Arbeiten erstrecken sich nach zwei verschiedenen Richtungen. Man will in einem Falle den aus Kupfer oder kupferreichen Legirungen gefertigten Gegenständen jene gleichmäßig braune, antike Färbung geben, der wir häufig an Medaillen, Theemaschinen und anderen für Schmuck oder häusliche Verwendung bestimmten Kupfergeräthen begegnen. Das Verfahren hierfür pflegt man mit dem Ausdrucke Bronziren oder besser Brüniren des Kupfers zu bezeichnen.

In einem anderen Falle soll auf Gegenständen aus Messing oder Bronze ein grünlicher Ueberzug hervorgerufen werden, in seinem Aeußern möglichst genau übereinstimmend mit jener schon mehrfach erwähnten (Seite 55, 69) Patina, welche für antike, den Einflüssen der Witterung ausgesetzt gewesene Bronzegegenstände charakteristisch ist. Dieses Verfahren heißt Patiniren.

Brüniren.

Es giebt zahlreiche Methoden hierfür, welche fast sämmtlich darauf hinauslaufen, daß auf dem betreffenden Gegenstande ein dünner Ueberzug von Kupferoxydul erzeugt wird.

Man bedeckt die vorher blank geschliffene oder gebeizte Oberfläche des kupfernen Gegenstandes mit einem Brei aus Kolkothar (Eisenoxyd) und Wasser oder auch Kolkothar, Grünspan und essigsäurehaltigem Wasser, trocknet und erhitzt zum Glühen. Dann läßt man erkalten, entfernt die aufgetragene Masse und wischt den Gegenstand rein ab.

Oder für Messingwaaren: man tauche die reinen fettfreien polirten Gegenstände in eine auf 60° C. erwärmte Lösung aus 10 g Kaliumchlorat, 10 g Kaliumchromat, 10 g Kaliumpermanganat, 50 g Kupfervitriol in 1 Liter Wasser, spüle sie, wenn die Einwirkung in genügender Weise stattgefunden hat, in Wasser gut ab, trocke sie mit Sägespänen und erhitze sie in einem stark geheizten Ofen.

Gegossene Bronze läßt sich brüniren, indem man sie mit einer Lösung von 4 Thln. Salmiak und 1 Thl. Kleesalz in 210 Thln. Essig mit einer weichen Bürste so lange reibt, bis das Metall ganz trocken geworden ist. Das Verfahren wird mehrmals wiederholt und der Gegenstand schließlich stark erwärmt.

Für das Brüniren kupferner oder bronzener Medaillen (alle sogenannten Bronzemedaillen bestehen entweder aus reinem Kupfer oder enthalten, wie unsere Kupferscheidemünzen, nur etwa 4 bis 5 Proc. Zink und Zinn) wird folgendes Verfahren empfohlen: man bringt 35 g reinen krystallisirten Grünspan und 17,5 g Salmiak gleichzeitig in 7,2 Liter kochendes Wasser. Die Flüssigkeit wird durch Kochen auf 1,4 Liter eingedampft und vermittelst eines hölzernen Spatels fleißig abgeschäumt. Nun werden 490 g Weinessig, welcher völlig frei von Schwefelsäure oder Salzsäure sein muß, zugesetzt, man kocht abermals fünf Minuten und filtrirt den entstehenden Niederschlag ab. Nachdem der letztere noch mit heißem

Wasser ausgewaschen worden ist, wird das Filtrat auf 5,7 Liter verdünnt und in diesem Zustande zum Brüniren benutzt. Die sorgfältig gereinigten und inzwischen in Weingeist gelegten Medaillen gelangen nun, ohne getrocknet zu werden, zur Brünirung. Zu diesem Zwecke bringt man die in der angegebenen Weise bereitete ganz klare Lösung in einer kupfernen Pfanne zum Kochen, entfernt den sich etwa bildenden Schaum und taucht 10 bis 15 Stück Medaillen mit Hülfe eines kupfernen Drahtsiebes unter fortwährendem Schwenken so lange ein, bis sie die gewünschte Färbung erhalten haben. Hierauf werden sie erst in warmem, dann in kaltem Wasser abgespült, mit weicher Leinewand und Rohleder abgetrocknet und auf eine mäßig erhitzte Eisenplatte gelegt, wobei der Farbenton etwas nachdunkelt. Nach zwei- bis dreimaliger Benutzung ist die Flüssigkeit erschöpft.

Auch ein sehr dünner Ueberzug von Schwefelkupfer wird bisweilen benutzt, den Waaren aus Kupfer, Messing, Bronze ein dunkles, antikes Ansehen zu geben, ist aber sehr wenig haltbar. Derselbe läßt sich leicht hervorbringen, wenn man die Gegenstände in einem geschlossenen Behälter der Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas aussetzt, oder wenn man sie in eine verdünnte Lösung von Schwefelleber eintaucht. Durch Erhitzen der in solcher Weise behandelten Gegenstände soll die Farbe noch schöner und haltbarer werden.

Patiniren.

Da die echte Patina vorwiegend aus basisch kohlensauren Salzen und Hydroxyden besteht, welche im Laufe der Jahrhunderte unter dem Einflusse der Luft und Feuchtigkeit sich gebildet haben (vergl. S. 55), unmittelbar aber solche Verbindungen sich nicht auf der Oberfläche der kupfernen oder bronzenen Gegenstände hervorrufen lassen, so ist bei der Erzeugung der künstlichen Patina das Bestreben darauf gerichtet, vorläufig durch Einwirkung stärkerer Säuren (Essigsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure) auf das Kupfer andere basische Kupfersalze zu bilden, welche entweder an und für sich schon der echten Patina an Farbe ähnlich sind oder auch in verhältnißmäßig kurzer Zeit durch Umsetzung unter dem Einflusse der Feuchtigkeit und Kohlensäure der atmosphärischen Luft in ähnliche Producte wie jene umgewandelt werden. Verschiedene Nebenumstände kommen indeß bei diesen chemischen Vorgängen immerhin in Mitwirkung, und, obschon sich ein der echten Patina ähnliches Erzeugniß auf dem angedeuteten Wege unschwer hervorrufen läßt, so ist es aus jenem Grunde doch sehr schwer, eine das Auge des Kenners täuschende künstliche Patina in kurzer Zeit hervorzubringen. Folgende Vorschriften werden für diesen Zweck empfohlen.

Man bereitet eine Lösung von 1 Thl. Kupfernitrat in 60 Thln. Wasser und setzt der klaren Lösung noch $^1/_2$ Thl. Kochsalz hinzu. Außerdem mische man, ohne zu erwärmen, 10 Gewthle. gewöhnlichen Essig mit 2 bis 3 Thln. Salmiak und $^1/_2$ Thl. Kleesalz. Zum Gebrauche nimmt man ein wenig der Kupferlösung auf eine weiche Bürste oder einen Pinsel und reibt die Metallfläche gleichmäßig damit ein, doch so, daß nirgend ein Ueberschuß von Flüssigkeit sich ansammelt, sondern alle Theile gleichmäßig befeuchtet werden. Alsdann läßt man an der Luft trocknen und giebt nun (nach Verlauf einiger Stunden) einen Anstrich mit

der zweiten Lösung in ganz derselben Weise. Dieses Verfahren wird etwa acht Tage lang hinter einander täglich mehrmals wiederholt.

Oder man benutzt eine Lösung aus 1 Thl. Salmiak, 3 Thln. Weinstein, 6 Thln. Kochsalz in 12 Thln. Wasser, in welchem noch 1 Thl. Kupferchlorid gelöst wurde, und bepinselt mehrere Tage hinter einander damit den betreffenden Gegenstand in derselben Weise wie mit der vorstehend beschriebenen Lösung.

Auf Gegenständen aus Eisen oder Zink sucht man nicht selten, nachdem dieselben zuvor galvanisch vermessingt oder verkupfert worden sind, durch geschicktes Bemalen mit grüner Farbe, welche dann an den vortretenden Theilen abgewischt wird und hier das Metall durchscheinen läßt, die Patina nachzuahmen. Auf diese Weise läßt sich der Charakter des Antiken wohl in nicht unschöner Weise andeuten, täuschend aber keineswegs wiedergeben.

Oxydirtes Silber.

Gegenstände aus reinem oder legirtem Silber überziehen sich überall, wo Menschen wohnen, unter Einwirkung des in der Luft vorhandenen Schwefelwasserstoffs sehr bald mit einem dünnen bräunlichen Häutchen von Schwefelsilber, sie „laufen an". Aus dem dünnen Häutchen wird eine stärkere Kruste, neben Schwefelsilber auch wohl Chlorsilber und andere Verbindungen enthaltend, wenn die Silberwaaren Jahrhunderte oder Jahrtausende lang der Einwirkung der Atmosphärilien, sei es im Freien, sei es in der Erde vergraben, ausgesetzt waren.

Man nennt solches mit einem, größtentheils aus Schwefelsilber bestehenden, Ueberzuge versehenes Silber fälschlich oxydirtes Silber.

Erzeugt man künstlich einen derartigen Ueberzug, so giebt man nicht allein den betreffenden Gegenständen dadurch eine antike Färbung, sondern man erlangt auch den praktischen Vortheil, daß diese Gegenstände der Veränderung an der Luft, den wenig angenehmen Uebergängen von der Farbe des reinen Silbers zu der des oxydirten nicht mehr unterworfen sind. Aus diesem Grunde bilden die oxydirten Silberwaaren und in noch weit umfänglicherem Maße die oxydirten versilberten Waaren (welche das zur Erhaltung der reinen Silberfarbe erforderliche häufige Putzen ohnehin gewöhnlich nicht lange aushalten würden, ohne ihren Silberüberzug einzubüßen) einen ziemlich umfangreichen Bestandtheil der Niederlagen für Schmuck- und Kunstwaaren.

Das Verfahren für die Herstellung des sogenannten oxydirten Silbers ist sehr einfach. Man setzt den betreffenden Silber- oder versilberten Gegenstand so lange der Einwirkung von Schwefelwasserstoff aus oder hängt ihn in eine verdünnte Lösung von Schwefelammon, bis die gewünschte Färbung erreicht ist. Reines Silber nimmt einen bläulichen bis grauen, kupferhaltiges einen bräunlichen Ton an, der erst bei längerer Einwirkung ebenfalls ins Blaue übergeht (vergl. Seite 56).

Irisiren.

Unter dieser Bezeichnung versteht man die — in der Neuzeit wenig noch übliche — Herstellung eines dünnen Ueberzuges aus oxydirtem Blei, Eisen oder Kupfer, von regenbogenartiger Färbung auf irgend einer Metallfläche, hervorgebracht unter dem Einflusse der früher (Seite 222) erwähnten secundären Vorgänge bei der galvanischen Zerlegung von Metallsalzlösungen. Man pflegte vergoldete Waaren aus Messing, Kupfer oder anderen Metallen für den genannten Zweck zu benutzen. Da diese farbigen Ueberzüge zuerst im Jahre 1826 von Nobili hergestellt wurden, so nennt man sie auch wohl Nobili'sche Farbenringe.

Zur Bildung derselben kann man z. B. folgendermaßen verfahren. Man hängt den vergoldeten Gegenstand in eine poröse Thonzelle, welche eine verdünnte alkalische Bleilösung enthält, und setzt diese Thonzelle in ein Glas mit ganz verdünnter Salpetersäure. In letztere taucht man ein Platinblech, welches mit dem negativen Pole einer schwachen Batterie in Verbindung steht. Der positive Pol endigt in einem Platindrahte, welchen man dem in die Bleilösung eingehängten Gegenstande nähert, ohne ihn zu berühren. Es lagert sich dann eine dünne Schicht von Bleisuperoxyd auf dem letzteren ab, welche die Regenbogenfarben erzeugt. Wendet man statt der Bleilösung eine solche von schwefelsaurem Eisenoxydulammoniak an, so erhält man einen Niederschlag von Eisenoxyd, welcher vor jenem den Vorzug größerer Haltbarkeit voraus hat.

5) Das Emailliren.

Email oder Schmelzglas nennt man ein Silicat, welches, bei einer niedrigeren Temperatur schmelzbar als das Metall, für welches es als Ueberzug bestimmt ist, auf der Oberfläche desselben durch Aufschmelzen haftbar gemacht wird, so daß es nach dem Erkalten einen glasartigen Ueberzug für die Metallfläche bildet. Der Email wird demnach ebensowohl als Schutz für gewisse Metallgegenstände benutzt (bei Kochgeschirren, Pumpenröhren für saure Grubenwasser u. a. m.), wie als Verschönerungsmittel für Schmucksachen und ähnliche Gegenstände.

Die Haupterfordernisse eines guten Emails sind demnach folgende:

Derselbe muß fest an der Oberfläche haften und auch Temperaturveränderungen ertragen, ohne abzuspringen. Hierzu ist erforderlich, daß seine Ausdehnung durch die Wärme derjenigen des Metalls möglichst gleich sei. Auch mäßige Stöße und Erschütterungen muß der Email, ohne abzuspringen, ertragen können und demnach nicht allzu spröde sein.

Er muß widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse sein und darf vor Allem, wenn er für culinarische Zwecke bestimmt ist, keine gesundheitsgefährlichen Substanzen (z. B. Bleioxyd) enthalten. Diese letztere Bedingung ist, wenn auch die ersteren Bedingungen erfüllt werden sollen, eine schwierige Klippe für das Ge-

lingen des Emaillirens; und es folgt hieraus, daß das Verfahren im Allgemeinen weit weniger Schwierigkeiten darbietet, wenn der Emailüberzug nur als Verschönerung für Gegenstände dienen soll, welche weder großen Temperaturschwankungen unterworfen sind noch mit chemischen Agentien in Berührung gelangen, als wenn er zum Schutze für Kochgeschirre u. dergl. bestimmt ist, wobei alle jene Bedingungen in vollem Umfange erfüllt werden müssen.

Den Hauptbestandtheil aller Emails bildet ein durchsichtiges, leichtflüssiges Glas, am leichtesten herstellbar durch Zusammenschmelzen von Quarzpulver mit kohlensauren Alkalien und Bleioxyd, welches letztere aber wegen seiner Gesundheitsgefährlichkeit nicht für alle Zwecke benutzbar ist und deshalb häufig ganz oder theilweise durch andere basische Körper ersetzt werden muß, selbst wenn diese weniger günstig auf Schmelzbarkeit, Glanz, Festigkeit u. s. w. des Emails einwirken sollten. Hierher gehören vornehmlich Thonerde; ferner Kalkerde oder Magnesia. Bekanntlich erniedrigt sich im Allgemeinen der Schmelzpunkt der Silicate mit zunehmender Zahl der in ihnen anwesenden Körper, und aus diesem Grunde findet man häufig alle drei Basen neben den ohnehin anwesenden Alkalien vertreten. Auch Baryt wird mitunter als fernere Base zugesetzt; und nicht selten wendet man da, wo Bleioxyd gänzlich ausgeschlossen werden muß (also bei Kochgeschirren), zum theilweisen Ersatze desselben Zinkoxyd an, um den Glanz und die Schmelzbarkeit des Emails zu erhöhen. Zinkoxyd wird aber ebenso wie das Bleioxyd durch Essig aus dem Email in beträchtlichen Mengen ausgezogen; und da dasselbe in den Speisen keinesfalls ganz gefahrlos ist, so darf man ebenfalls nur mit Vorsicht von dem Zusatze Gebrauch machen und unterläßt ihn besser ganz. Ein Magnesiagehalt verleiht außerdem dem Silicate im geschmolzenen Zustande eine gewisse klebrige Beschaffenheit, welche das Haften an den zu emaillirenden Gegenständen erleichtert. Ebenfalls zur Erniedrigung des Schmelzpunkts führt man häufig Borsäure (als Borax) und Phosphorsäure neben der Kieselsäure sowie Fluorcalcium in die Schmelze, welches letztere bei allen Silicaten als besonders kräftig wirksam in dieser Beziehung sich erweist. Ein Borsäuregehalt steigert außerdem, was beim Emailliren von Kochgeschirren wichtig ist, den Ausdehnungscoefficienten des Emails durch die Wärme; bei allzu reichlichem Borsäuregehalt aber nimmt die Sprödigkeit zu und die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen ab.

Der Email besteht demnach aus einer erstarrten Lösung verschiedener Silicate, Borate, mitunter auch Phosphate und Fluoride der Alkalien, Erden und, wo es zulässig ist, auch des Bleioxyds in einander unter solchen gegenseitigen Verhältnissen, daß bei möglichst großer Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, welche durch einen reichlichen Kieselsäuregehalt gesteigert, durch einen reichlichen Alkaligehalt verringert wird, doch der Schmelzpunkt möglichst niedrig liege, eine Bedingung, deren Erfüllung zwar, im Gegensatze zu der eben erwähnten, durch reichlichen Kieselsäuregehalt erschwert, reichlichen Alkali- beziehentlich Bleioxydgehalt erleichtert werden würde, wegen der Unzulässigkeit eines großen Alkali- und Bleigehalts aber wenigstens in den meisten Fällen durch Vermehrung der Zahl der überhaupt anwesenden Radicale angestrebt werden muß; und daß endlich beim Erkalten eine Entglasung (Erblinden) vermieden werde, wozu wiederum ein großer Kieselsäuregehalt nothwendig ist.

Hieraus läßt sich der Zweck der verschiedenen für die Emaildarstellung benutzten Rohstoffe ableiten. Man verwendet Quarzpulver, Borax, Soda, Feldspath, Magnesia, Marmor, Granit, Flußspath, Kryolith ($Na_6Al_2Fl_{12}$) u. a. m. Eine bestimmte, für alle Fälle gültige, Vorschrift für die Zusammensetzung des Emails läßt sich begreiflicherweise nicht geben, theils weil jene Rohstoffe in ihrer Zusammensetzung ganz erhebliche Abweichungen zeigen können und nicht jedem Emaillirwerke in vollem Umfange zur Verfügung stehen, theils auch, weil die Ansprüche an die Beschaffenheit des Emails gemäß der Bestimmung des zu emaillirenden Gegenstands verschieden sind. Jedes Emaillirwerk ist demnach darauf angewiesen, durch eigene Erfahrung sich die geeignetsten Gewichtsverhältnisse bei der Verarbeitung der Rohstoffe selbst zu ermitteln.

Ein Glas, nur aus den erwähnten Körpern bestehend, ist aber durchsichtig und, sofern es nicht durch zufällig anwesende fremde Körper gefärbt ist, farblos. Es würde das überzogene Metall durchscheinen lassen, während dieses in den meisten Fällen verdeckt werden und der Emailüberzug farbig hervortreten soll. Es ist also erforderlich einen oder mehrere Zusätze zu dem eigentlichen Glase (der „Fritte“) zu geben, um jenen Zweck zu erreichen.

Das vornehmste Mittel, um gleichzeitig Undurchsichtigkeit und weiße Färbung hervorzurufen, ist das Zinnoxyd, am besten dargestellt durch oxydirendes Erhitzen von möglichst reinem Zinn. Die Wirkung desselben beruht auf dem Umstande, daß es, ohne von dem Glase gelöst zu werden oder mit den Bestandtheilen des Glases sich chemisch zu vereinigen, in demselben gleichmäßig, aber unverändert, suspendirt bleibt. Das Zinnoxyd aber ist kostspielig und bei großem Zusatze erschwert es das Schmelzen des Glases. Nicht selten ersetzt man daher dasselbe zum Theil durch Knochenasche (unreines Calciumphosphat) oder auch wohl chemisch dargestelltes Calciumphosphat, ein Zusatz, der bekanntlich auch bei der Milchglasfabrikation in Anwendung kommt.

Zur Erzeugung farbiger Emails wird als Zusatz empfohlen: für Blau Kobaltoxyd; für Violett Braunstein; für Grün Kupferoxyd oder Chromoxyd; für Gelb Kaliumantimoniat oder 1 Thl. Bleiweiß, 1 Thl. Alaun, 1 Thl. Antimonoxyd, 1 Thl. Salmiak; für Roth ein Thonerdeeisenpräparat, dargestellt durch Erhitzen von $2^1/_2$ Thln. Eisenvitriol und 1 Thl. Aluminiumsulfat bei Luftzutritt bis zum starken Glühen; für Purpurroth Goldpurpur, dargestellt durch Fällung einer Goldlösung durch Zinnchlorür [1]) und wiederholtes Auswaschen des Niederschlages (das zu färbende Email muß vollständig blei- und zinnfrei sein); für Schwarz reichliche Mengen von Hammerschlag mit Braunstein, auch wohl Kupferoxyd und Kobaltoxyd. Die Beschaffenheit des Metalls, welches emaillirt werden soll, muß bei der Wahl der färbenden Substanzen immerhin mitsprechen, da manche Farben sich ändern, wenn sie mit gewissen Metallen in Berührung kommen. Aus diesem Grunde auch eignet sich für emaillirte Schmucksachen Feingold oder doch 20 karätiges Gold besser als stark legirtes Gold und auch besser als Silber oder Bronze.

Endlich aber ist in manchen Fällen Rücksicht darauf zu nehmen, daß unter

---

[1]) Vergl. den Artikel Goldpurpur im sechsten Abschnitte.

gewissen Umständen beim Emailliren reducirende Einflüsse auftreten und die Beschaffenheit des Emails in störender Weise beeinträchtigen können. Schmilzt man z. B. auf ein schwieriger reducirbares Metall (Eisen) einen Email auf, welcher leichter reducirbare Metalle (Zinn, Blei, Kupfer) als Oxyde enthält, so kann es geschehen, daß durch ersteres diese Oxyde zum Theil reducirt werden; noch nachtheiliger zeigt sich in dieser Beziehung ein Kohlenstoffgehalt des Metalls, bekanntlich ein Bestandtheil jedes technisch dargestellten Eisens. Es kommt hierbei noch in Betracht, daß ein Eisengehalt des Emails, welcher in den benutzten Rohstoffen selten ganz fehlt, weniger die Farbe beeinflußt, wenn er als Oxyd zugegen ist, als wenn er als Oxydul auftritt. Ersteres färbt schwach weingelb und diese Farbe läßt sich durch Zusatz kleiner Mengen von Smalte [1]) vernichten; Oxydul färbt grün bis schwarz. Man muß in solchen Fällen also Zusätze geben, welche die Reduction verhindern und vorhandenes Eisenoxydul in Oxyd umwandeln; hierfür dient in einzelnen Fällen Natronsalpeter, in anderen Braunstein.

Das Verfahren der Emaillirung ist, wie in Vorstehendem erläutert wurde, verhältnißmäßig einfach, wenn der Emailüberzug nur als Schmuck zu dienen bestimmt ist oder doch für Gegenstände in Anwendung kommt, welche einer stärkeren Erwärmung nicht ausgesetzt sind. Man kann in diesem Falle meistens ein stark bleihaltiges Glas verwenden, welches durch die oben erwähnten Zusätze entsprechend gefärbt, beziehentlich undurchsichtig gemacht worden ist. So z. B. verwendet man für diesen Zweck folgende Mischungen als Grundbestandtheil: 60 Thle. Sand, 30 Thle. Alaun, 35 Thle. Kochsalz, 100 Thle. Mennige; oder 3 Thle. weißes Krystallglas, 1 Thl. Borax, 1 Thl. Antimonoxyd, $^1/_4$ Thl. Natronsalpeter; u. a. m. Die Bestandtheile werden sammt den erforderlichen färbenden Zusätzen zerkleint, gemischt, im Tiegel geschmolzen, dann zerstoßen, mitunter zum zweiten Male geschmolzen und schließlich unter einem Mühlsteine zu einem feinen Pulver gemahlen.

Für das Haften der Emails ist eine reine Oberfläche des Metalls Bedingung. Gegenstände aus Gold, Silber, Bronze werden geglüht und gebeizt, dann abgespült und getrocknet; eiserne Gegenstände beizt man ebenfalls, scheuert sie mit Sand oder behandelt sie mit Kratzbürsten. Schmucksachen versieht man da, wo der Email aufhören oder mit einem anders gefärbten Email abwechseln soll, mit einem aufstehenden Rändchen. Bei feineren Gegenständen verfährt man hierbei folgendermaßen. Zunächst wird auf der Metallfläche die Zeichnung (Blumen, Vögel 2c.) sehr fein aufgerissen, dann sehr dünner Gold- oder anderer Draht mit Hülfe kleiner Zangen genau nach den Linien der Zeichnung gebogen und schließlich vorsichtig aufgelöthet, so daß er der Zeichnung in ihrer ganzen Feinheit folgt. Auf diese Weise entstehen kleine Fächer (cloisons), welche später mit dem Email ausgefüllt werden, und der in dieser Weise hergestellte Ueberzug heißt Émail cloisonné. Bei einer anderen Methode arbeitet man die Felder mit dem Grabstichel aus dem vollen Metalle aus und nennt diese Ueberzüge Émail champ-levé. Bei ge-

---

[1]) Smalte ist ein mit reinem Kobaltoxyd blaugefärbtes Kaliglas, welches nach dem Schmelzen in Wasser abgeschreckt, gemahlen und geschlämmt wurde. Vergl. Bd. 5, S. 508.

wöhnlichen Gegenständen dagegen aus Bronze oder Eisen stellt man die Felder ohne Weiteres durch Gießen oder Prägen her. Das Emailpulver wird mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und mit dem Pinsel in die betreffenden Felder eingetragen. Man trocknet, erhitzt in einer geschlossenen Muffel bis zum Schmelzen, läßt vorsichtig abkühlen und wiederholt dieses Verfahren mehrmals, bis die Zellen richtig ausgefüllt sind. Schließlich feilt man die Oberfläche mit einer feinen, in Wasser getauchten Feile glatt und polirt sie.

In ähnlicher Weise kann man bei gröberen Eisenwaaren verfahren, wenn dieselben starken Temperaturänderungen nicht unterworfen sind, und wenn ein Bleigehalt der Emaille nicht schadet; bei Dachziegeln, Zuckerhutformen und ähnlichen Verwendungen. Der Email, welcher bei möglichst niedriger Temperatur schmelzbar sein muß, damit die reducirende Einwirkung der Kohle vermieden werde, und deshalb aus einem bleireichen Glase unter Zusatz von Borax und den erforderlichen färbenden Substanzen zu bestehen pflegt, wird in diesem Falle — ebenfalls mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt — auf die gereinigte Eisenfläche aufgetragen und durch Erhitzen in einem Muffelofen eingebrannt.

Anders aber ist das Verfahren, wenn Kochgeschirre emaillirt werden sollen, deren Ueberzug also nicht allein bleifrei sein soll und deshalb von vornherein eine weniger einfache Zusammensetzung besitzt, sondern auch bedeutend widerstandsfähiger gegen chemische Einwirkungen und zugleich befähigt sein muß, den nicht unerheblichen Temperaturschwankungen, welchen die Kochtöpfe ausgesetzt sind, zu folgen, ohne abzuspringen. Ein zu diesem Zwecke tauglicher, aus den schon oben aufgeführten Körpern bestehender und mit Zinnoxyd versetzter Email würde nun aber, wenn er unmittelbar auf das Eisen aufgeschmolzen würde, einestheils in der zum Schmelzen erforderlichen höhern Temperatur doch in Folge einer theilweisen Reduction des Zinnoxyds seine Farbe verlieren und löcherige Textur bekommen, anderentheils auch nicht ausreichend fest auf dem Eisen haften, um nicht bei der Benutzung dennoch abzuspringen. Man umgeht diesen Uebelstand, indem man zwischen dem Eisen und dem eigentlichen Email eine Zwischenschicht durch Aufbrennen auf das Eisen einschaltet, welche, strengflüssiger als der eigentliche Email und frei von Zinn, auch in heller Rothgluth nur zum Sintern gelangt, trotzdem aber vollständig fest auf dem Eisen haftet und somit jene nachtheiligen Folgen einer unmittelbaren Berührung zwischen dem Eisen und dem Email beseitigt.

Man unterscheidet demnach bei der Emaillirung von Kochgeschirren zwei verschieden zusammengesetzte, über einander aufgeschmolzene Schichten: zu unterst den strengflüssigen Grund oder die Grundmasse, zu oberst die weniger strengflüssige Deckmasse, Glasur oder den eigentlichen Email.

Der Grund besteht aus einem etwa 65 bis 75 Proc. Kieselsäure enthaltenden Thonerdesilicate, in welchem, da es an und für sich selbst in Weißgluth unschmelzbar sein würde, neben der Kieselsäure Borsäure, neben der Thonerde geringere Mengen Alkalien und andere oben erwähnte Basen zugegen sind. Man bereitet den Grund in größeren Mengen in Vorrath und hebt ihn zum Gebrauche auf; in Rücksicht auf die hohe Schmelztemperatur desselben pflegt man bei der Bereitung derartig zu verfahren, daß man zunächst ein weniger kieselsäure- und thonerdereiches; deshalb in niedrigerer Temperatur schmelzbares Silicat herstellt,

dieses mahlt und dann später noch mit dem fehlenden Kieselsäure- und Thonerdezusatze, welcher ebenfalls fein zermahlen wird, vermischt, ohne nochmals zu schmelzen. Das Schmelzen der ersten Bestandtheile geschieht in einer eisernen, mit feuerfester Masse ausgestrichenen Pfanne von etwa 200 mm Weite, 150 mm Höhe über einer Rostfeuerung; oder auch in irdenen Tiegeln.

Auf schlesischen Emaillirwerken benutzt man z. B.:

50	kg	Quarz, fein gemahlen,
22,5	„	Borax, nicht entwässert,
7,5	„	Flußspath,
zusammen 80	kg.	

Diese Mischung wird in thönernen Tiegeln zusammen gesintert und giebt 68,5 bis 69 kg gesinterte Masse, die von Thonscherben gereinigt und gepocht wird. Nun mischt man abermals

16	kg	von der gepochten Schmelze,
12,5	„	Quarz,
4	„	Thon,
0,5	„	Borax,

mahlt und setzt während des Mahlens noch hinzu

2,5	kg	Thon,
0,66	„	Borax.

In Königin-Marienhütte schmilzt man zunächst:

75	Thle.	feinen weißen Sand,
45	„	Borax,
1	Thl.	Magnesia.

Die Schmelze wird dann gepulvert und alsdann folgendermaßen gemischt:

30	Thle.	der Schmelze,
20	„	Sand,
10	„	Thon.

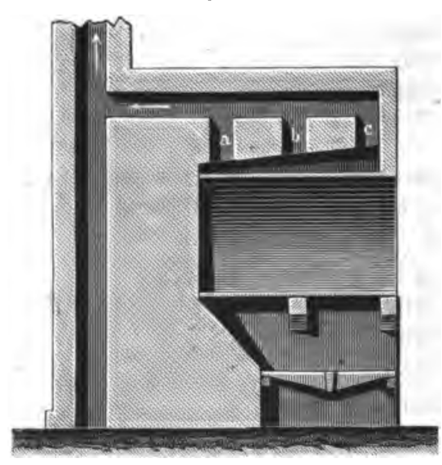
Das Gemisch wird mit Wasser gekocht, dann gemahlen und während des Mahlens mit $^1/_4$ Thl. Magnesia versetzt.

In allen Fällen muß das Mahlen des Grundes so lange fortgesetzt werden, bis man zwischen Daumen und Zeigefinger keine scharfen Bestandtheile mehr fühlt; dann siebt man die Masse durch ein Haarsieb und hebt sie auf.

Bei dem Gebrauche mengt man eine entsprechende Menge der Grundmasse mit Wasser zu einem ganz dünnen Brei an, schüttet davon einen kleinen Theil in das entsprechend vorbereitete (gereinigte) Gefäß, reibt die Masse mit einer scharfen Haarbürste in die Poren des Eisens ein, schüttet dann eine größere Menge nach, schwenkt das Gefäß einige Male um und läßt das Ueberschüssige ablaufen. Der Ueberzug muß sehr dünn und deshalb reichlich mit Wasser vermischt sein; ist er zu dick, so bröckelt er später ab oder bildet Blasen. Die Gefäße werden nunmehr zunächst an einem warmen Orte aufgestellt, um das Wasser zu verflüchtigen; ist

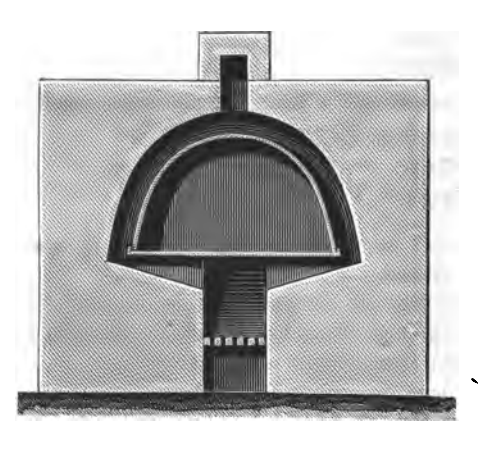
dieses geschehen und die aufgetragene Grundmasse völlig trocken geworden, so kommen sie zum „Einbrennen“ des Grundes in einen Muffelofen. Die Muffeln bestehen aus Gußeisen oder Chamotte, pflegen 800 bis 1200 mm breit, 1200 bis 1400 mm lang zu sein und werden entweder durch directe Feuerung oder auch bei größeren Anlagen noch zweckmäßiger durch Gasfeuerung geheizt. Die Abbildungen Figuren 71 bis 73 stellen einen derartigen einfachen Muffelofen mit directer Feuerung dar, dessen Einrichtung ohne Weiteres erkennbar sein wird. Vorn wird die Muffel durch eine Doppelthür geschlossen.


Fig. 71.



Die betreffenden Geschirre werden in den vorher zur hellen Rothgluth erhitzten Ofen eingesetzt und verweilen in demselben 10 bis 20 Minuten. Dann nimmt man sie heraus, stellt sie an einen warmen Ort und läßt sie langsam erkalten. Der eingebrannte Grund muß nach dem Erkalten eine gelblich weiße Farbe zeigen; ist er braun oder schwarz geworden, so war die Hitze zu groß und es haben sich Eisensilicate gebildet. Er darf nicht geschmolzen, sondern nur gesintert sein; dagegen muß er so fest haften, daß man mit einer scharfen Haarbürste nicht im Stande ist, ihn abzuscheuern. Läßt er sich ganz oder theilweise abreiben, so war entweder die Temperatur zu niedrig, oder er war zu dick aufgetragen.

Fig. 72.

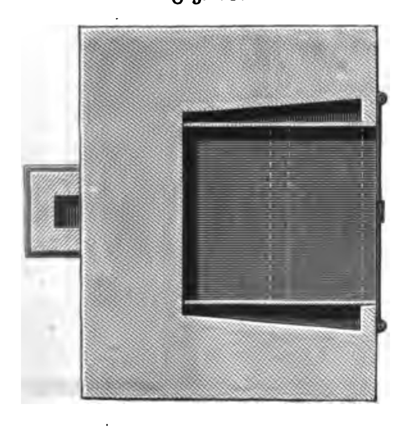


Wenn die Prüfung ergeben hat, daß das Einbrennen des Grundes gelungen ist, so folgt das Auftragen der Deckmasse. Dieselbe besteht aus einem Silicate mit 30 bis 45 Proc. Kieselsäure (mithin bedeutend kieselsäureärmer als die Grundmasse) neben der Kieselsäure Borsäure, Phosphorsäure, Fluor, als Basen

ie nämlichen wie die Grundmasse enthaltend, zugleich aber zur Hervorrufung der rforderlichen Undurchsichtigkeit mit Zinnoxyd, Calciumphosphat sowie etwa mit ärbenden Substanzen (z. B. Kobaltoxyd) und Salpeter versetzt.

Die Bereitung der Deckmasse geschieht durch Zusammenschmelzen der verschiedenen Bestandtheile und Mahlen der geschmolzenen Masse wie beim Grunde; wegen der erheblich niedrigeren Schmelztemperatur der Deckmasse aber, welche es ermöglicht, sämmtliche Substanzen mit einem Male zusammenzuschmelzen, ist sie einfacher als die der Grundmasse. Bis vor Kurzem bediente man sich allgemein feuerfester Tiegel zum Schmelzen, deren Boden mit einem Loche von 5 bis 10 mm Weite versehen ist. Das Schmelzen geschieht entweder im Schachtofen mit Coks oder — bei größerem Betriebe — im Flammofen. Im ersteren Falle ordnet man in einiger Entfernung unter dem Roste, aber oberhalb des Bodens des Arbeitsraums eine gußeiserne Platte an, auf welcher die durch den Rost hindurchfallende Asche und Schlacke sich sammeln. In dieser Platte ist genau unterhalb der Stelle, wo sich der Tiegel im Ofen befindet, eine Oeffnung von einigen Centimetern Durchmesser ausgespart, rings von einem auf der Platte aufruhenden Gußeisen- oder Chamottecylinder eingeschlossen, welcher durch eine Aussparung im Roste bis in den Ofen hineinragt und auf dessen oberem Rande der Tiegel steht. Solcherart ist ein senkrechter Canal gebildet, vom Boden des Tiegels anfangend und bis unter jene Gußeisenplatte hinunter führend, so daß der Email, welcher beim Schmelzen durch die Oeffnung des Tiegelbodens hindurchsickert, sich in dem unteren Raume sammeln kann, ohne mit Asche verunreinigt zu werden. Die Einrichtung eines Herdflammofens zum Emailschmelzen, für die Aufnahme von sechs Tiegeln bestimmt, zeigen die Abbildungen Figuren 74 und 75 (a. f. S.). Die Tiegel stehen auf einem aus feuerfesten Ziegeln erbauten Gewölbe; der Schmelzraum ist oben durch eine gußeiserne, unten mit feuerfester Masse bekleidete Platte abgedeckt, aus welcher die Köpfe der Tiegel hervorragen, so daß eine Füllung derselben ohne Unterbrechung des Betriebes möglich ist. Die Bodenöffnungen der Tiegel befinden sich auch bei diesem Ofen oberhalb ebenso vieler senkrechter Canäle, durch welche der geschmolzene Email in den mit gußeisernen Platten abgedeckten Sammelraum *a* abfließt. Die Tiegel sind etwa 400 mm hoch und an der oberen Mündung 200 bis 250 mm weit; sie stehen auf 160 mm hohen Chamotteuntersätzen und die Führung der Gase ist eine solche, daß die Füße der Tiegel, wo die Schmelzung stattfinden muß, am stärksten erhitzt werden.

Fig. 73.



Neuerdings hat man auf den Vorschlag von A. Pütsch auf mehreren Emaillirwerken angefangen, den Email auf dem offenen Herde eines Gasflammofens ohne Tiegel zu schmelzen; und es ist wohl anzunehmen, daß diese Methode

sehr bald noch ausgedehntere Anwendung finden wird, da sie außer der Ersparung an Tiegeln und Brennstoff auch noch den Vortheil gewährt, daß eine größere Gleichmäßigkeit der Masse als bei dem allmäligen Durchsickern durch die Bodenöffnungen der Tiegel erzielt wird.

Fig. 74.

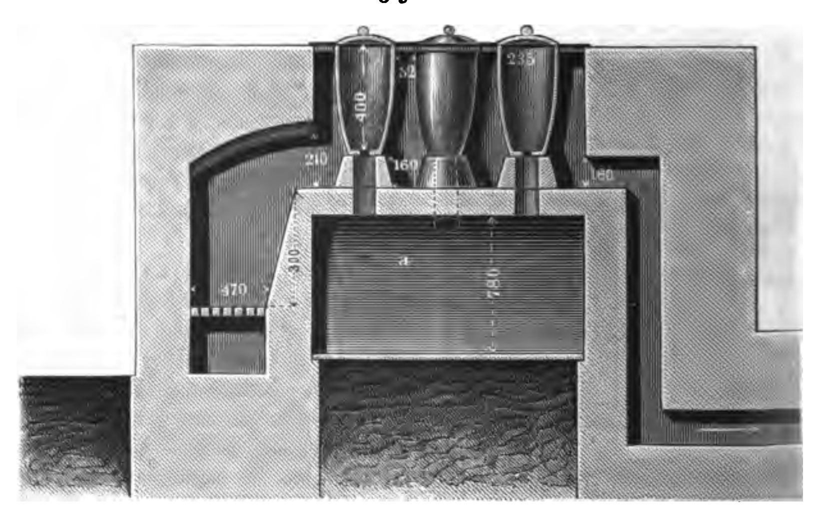
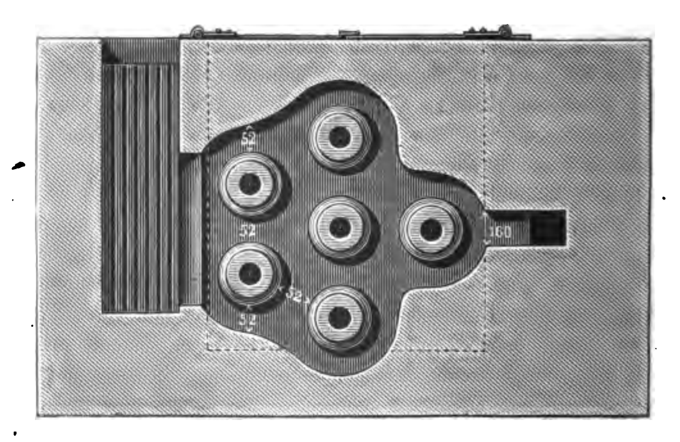


Fig. 75.



Auf schlesischen Emaillirwerken benutzt man zur Bereitung der Deckmasse für die schon oben beschriebene Grundmasse:

2,5 kg Flußspath, fein gepocht,
1,0 „ Zinkoxyd,
4,75 „ Zinnoxyd,
0,75 „ Knochenmehl,
0,03 bis 0,05 kg Smalte (zu dem schon früher erwähnten Zwecke).

Diese Bestandtheile werden sorgfältig mit einander gemischt und dann

9 kg dieses Gemisches,
16 „ fein gemahlener Feldspath,
9,5 „ Borax,
3,25 „ Soda (nicht calcinirt),
1,25 „ Kalisalpeter

zusammen in die Tiegel eingesetzt und, wie beschrieben, geschmolzen.

In Königin-Marienhütte schmilzt man

30 Thle. Feldspath,
18 „ Zinnoxyd,
22 „ Borax,
10 „ Soda,
6 „ Salpeter,
2 „ Magnesia,

pocht und mahlt die Masse und kocht sie dann unter Zusatz von 7 Thln. Thon und 1/2 Thl. Magnesia mit Wasser, worauf sie zum Gebrauche fertig ist.

Das Auftragen der Deckmasse auf den zuvor eingebrannten Grund bietet wenig Bemerkenswerthes. Der Grund wird mit einem Schwamme angefeuchtet, die mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührte Deckmasse eingeschüttet, umgeschwenkt, dann das Ueberschüssige ausgegossen. Nun trocknet man das Gefäß, zuerst langsam, dann stärker, bis ein darauf fallender Wassertropfen zu sieden beginnt und bringt es dann wiederum in den Muffelofen zum Einbrennen, welcher Vorgang ebenfalls 10 bis 20 Minuten zu beanspruchen pflegt.

Sollen Malereien auf Emailgrund angebracht werden, wie es nicht nur bei Schmucksachen, sondern neuerdings auch bei emaillirten Haus- und Küchengeräthen üblich geworden ist, so werden dieselben mit Hülfe eines Pinsels und entsprechend gefärbter Emails auf die zuvor fertig hergestellte emaillirte Fläche aufgetragen und dann durch mäßiges Erhitzen eingebrannt. Erforderlich ist dazu, daß das Material zu der Malerei einen niedrigeren Schmelzpunkt besitze als der eigentliche Email, damit nicht auch dieser zum Schmelzen komme und ein Zusammenfließen eintrete.

6) Eingelegte Arbeiten (Incrustation).

Das Tauschiren.

Wenn man auf der zu verzierenden Fläche eines metallenen Gegenstandes Figuren, Ornamente, Inschriften u. s. w., welche man darzustellen beabsichtigt, in vertieften Linien (durch Graviren) ausarbeitet und nun diese Linien mit einem oder mehreren anders gefärbten Metallen ausfüllt, so heißt diese Arbeit Tauschiren. Als Material für die Gegenstände, welche tauschirt werden sollen, pflegt man Eisen (Stahl), Bronze, Messing, als Material für die Einlagen Gold und Silber zu verwenden; denn je härter das erstere und je weniger hart das zweite Metall ist, desto günstiger gestaltet sich im Allgemeinen die Arbeit. Damit das eingelegte Metall vollständig fest sitze, müssen die in die zu tauschirende Fläche eingearbeiteten Linien (Nuthen) unterschnitten sein, d. h. sich nach unten erweitern; man legt dann die vorher entsprechend ausgeschnittenen und zugerichteten Gold- oder Silberstückchen darauf und treibt sie mit dem Hammer derartig ein, daß sie die ganze Oeffnung ausfüllen. Gewöhnlich bilden die Einlagen dieselbe Fläche mit dem Metallgrunde; mitunter jedoch läßt man sie sich auch reliefartig von diesem abheben (aufgeschlagene Arbeit).

Für die fabrikmäßige Herstellung tauschirter Arbeiten läßt sich folgendes von H. Bauer erfundenes (in Deutschland patentirtes) Verfahren benutzen. Man legt zwei Platten verschiedener Metalle auf einander und verbindet sie durch Schweißung (Plattirung) oder Löthung; oder auch man stellt auf galvanischem Wege einen Ueberzug des für die Einlage bestimmten Metalls auf dem anderen dar. Mit Hülfe eines Stahlstempels, auf welchem die herzustellenden Verzierungen erhaben gravirt sind, prägt man dieselben nun unter einem Fallhammer oder Prägwerke zunächst vertieft auf derjenigen Seite der Platte, welche verziert werden soll, ein und feilt oder schleift dann den erhabenen Rand vollständig weg, bis die Oberfläche der Platte wieder eine Ebene bildet. Natürlich kommt dann, sofern die Tiefe der Prägung der Stärke des aufgelegten Metalls mindestens gleich war, die geprägte Stelle als eingelegte andersfarbige Arbeit zum Vorschein.

Galvanische Incrustation.

Ein ähnlicher Effect wie durch das Tauschiren im eigentlichen Sinne läßt sich, wenn auch die Arbeit nicht ganz so solide ist, auf galvanischem Wege erreichen. Man ätzt zunächst in der früher beschriebenen Weise die herzustellende Zeichnung vertieft ein, hängt den geätzten Gegenstand, ohne den Aetzgrund zu entfernen, in ein Gold- oder Silberbad und schlägt das Gold oder Silber in die geätzten Vertiefungen nieder, bis dieselben ausgefüllt sind. Dann entfernt man den Aetzgrund und schleift oder polirt die Oberfläche glatt.

Niello oder Tulaarbeiten.

Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke Silberwaaren, mit schwarzen, aus einer in Vertiefungen eingebrannten Masse bestehenden, Linien verziert. Der Hauptanfertigungsort für derartige Arbeiten ist Tula in Rußland. Die vertieften Linien werden durch Gravirung oder durch Prägung eingearbeitet. Die zur Ausfüllung dienende Masse besteht aus Schwefelverbindungen von Silber, Kupfer, Blei, auch wohl Wismuth mit überschüssigem Schwefel, welcher vermuthlich, indem er sich mit dem Silber an der Oberfläche des zu verzierenden Gegenstandes verbindet, das Haften erleichtert. Eben dieses innige Haften des Nielloüberzuges ermöglicht die Ausführung künstlerischer Zeichnungen, in außerordentlich feinen Linien, wie sie durch Emaillirung nicht herzustellen sein würden.

Vorschriften für die Zusammensetzung der Masse sind z. B. folgende: 9 Thle. Silber, 1 Thl. Kupfer, 1 Thl. Blei, 1 Thl. Wismuth werden geschmolzen und mit Schwefel übersättigt; oder 2 Thle. Silber, 5 Thle. Kupfer, 3 Thle. Blei, 1 Thl. Borax geschmolzen und in einen Tiegel, welcher 24 Thle. gepulverten Schwefel enthält, ausgegossen; dann nochmals zum Schmelzen erhitzt. Die Masse wird, um gekörnt zu werden, über einen Reisigbesen in Wasser ausgegossen und im Mörser zu feinem Pulver verstoßen. Letzteres wird mit Salmiaklösung zu einem Brei vermengt, welchen man in die Vertiefungen einreibt und durch Erhitzen im Muffelofen einbrennt, nachdem alle erhabenen Stellen sorgfältig abgewischt wurden. Die eingebrannte Masse wird dann mit Bimsstein geschliffen und schließlich polirt.

7) Literatur.

A. Größere Werke.

Die auf Seite 246 aufgeführten Werke über Galvanoplastik enthalten auch sämmtlich mehr oder minder ausführliche Mittheilungen über Beizen, Mattiren, Färben.

Ferner:

K. Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie. 5. Auflage, herausgegeben von E. Hartig, Hannover 1875. S. 407 bis 411 (Beizen und Färben), S. 432 (Aetzen), S. 434 bis 441 (Verzinnen auf trockenem Wege), S. 443 (Verzinken), S. 449 bis 454 (Feuervergoldung), S. 465 bis 469 (Frisiren und Emailliren).

H. Wedding, Die Darstellung des schmiedbaren Eisens. Braunschweig 1875, S. 881 bis 889 (Weißblechfabrikation rc.).

Paul Randau, Die Fabrikation der Emaille und das Emailliren. Wien, Pest, Leipzig.

Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, 3. Aufl., bearbeitet von Kick und Gintl. Bd. III, S. 263 (Emailliren).

B. Abhandlungen.

Ueber Aetzen und Beizen:

Elsner, Aetzbeize auf Stahl. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 157, S. 153.
Simons, Prüfung des Eisens und Stahls durch Aetzen. Praktischer Maschinenbauer 1878, S. 22, Deutsche Industriezeitung 1877, S. 373.
Fr. Kick, Ueber Aetzen von Eisen und Stahl. Technische Blätter 1873, S. 112, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 212, S. 43.
Aetzproben von Eisen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 211, S. 73.
A. Herburger, Aetzen von Metallen. Chemisches Centralblatt 1878, S. 480, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 563.
R. Böttger, Ueber das Hochätzen von Zink und das Vergolden von hochgeätzten Stellen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 176, S. 307; Erdmann's Journ., Bd. 94, S. 440.
Trève-Durassier, Sur l'action ciselante produite sur differents metaux par les acides. Comptes rendus, tome 83, p. 744.
Lauba, Praktische Anleitung zum Aetzen auf Metall. Metallarbeiter 1880, S. 43.
Becquerel, Rapport sur le procédé de gravure de M. Vial. Comptes rendus, tome 58, p. 40; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 171, S. 285.
Rud. Wagner, Ueber die Verwendbarkeit des Broms in der Hydrometallurgie (zum Aetzen, Färben, Patiniren ꝛc.). Deutsche Industriezeitung 1875, S. 402. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 218, S. 329.
G. Devincenzi, Procédé de gravure electrochimique. Compt. rendus, tome 41, p. 782; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 138, S. 368.
G. Devincenzi, Rapport sur un procédé de gravure en relief sur zinc. Comptes rendus, tome 41, p. 1226; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 139. S. 196; Polyt. Centralblatt 1856, S. 108, 380.
Spencer, Aetzung durch Galvanismus. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 80, S. 140.
Spencer and Wilson, Improvement in engraving by electricity. Mechanics Magazine 1841, vol. 34, p. 333.
Grove, Voltaic process for etching daguerrotype plates. Philos. Magazine 1841, vol. 19, p. 247; vol. 20, p. 18.
L. Erdmann, Aetzen in Kupfer, Stahl ꝛc. durch Chromsäure. Polyt. Centralbl. 1871, S. 1514.
H. Schwarz, Mattätzen und Blankbrennen des Messings. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 218, S. 214.

Ueber Färben:

H. Schwarz, Messingfärbung. Deutsche Industriezeitung, 1877, S. 497; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 306.
Färbung der Metalle. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 215, S. 93; aus Iron. Oct. 1874, S. 419.
Messing stahlblau zu färben. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 208, S. 466.
C. Puscher, Ueber ein neues und billiges Verfahren, ohne Anwendung von Farben verschiedene Metalle mit prachtvollen Lüsterfarben zu überziehen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 190, S. 421.
Otto Reinsch, Färbung dünner Metallblätter. Bayr. Kunst- und Gewerbeblatt 1867, S. 70; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 184, S. 369.

Ueber die Hervorbringung schöner goldgelber Farbe mit Hochglanz oder mattem Schimmer bei Messingwaaren. Metallarb. 1880, S. 101.

Stölzel, Ueber körniges Beizen von Messing. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 188, S. 411.

Ueber Verzinnen und Verzinken:

Die Weißblechfabrikation. Metallarbeiter 1880, S. 66, 98, 105, 129, 178, 217, 259.

Geschichte des Verzinkens und Bemerkungen über diese Fabrikation. Metallarbeiter 1880, S. 113, 148, 185, 250, 276, 316.

Verzinkter Telegraphendraht. Deutsche Bauzeitung 1878, S. 134, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 228, S. 186.

Ueber Feuervergoldung und -Versilberung.

R. Wagner, Ueber das Glühwachs in der Feuervergoldung. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 144, S. 237.

W. Kirchmann, Eine Vereinfachung der Feuervergoldung. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 206, S. 419; Deutsche Industriezeitung 1872, S. 499.

H. Dufresne, Neues für die Arbeiter unschädliches Verfahren zum Versilbern und Vergolden von Metallen durch Amalgamation; nebst Entgegnungen von P. Christofle und H. Bouilhet. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 184, S. 436 aus den Comptes rendus, tome 64, p. 698, 758 et 784.

Ueber Oxydation und Patinabildung.

Ueber die Erlangung einer schönen Patina in großen Städten. Poggendorff's Annalen, Bd. 136, S. 480; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 192, S. 477.

Ueber Patinabildung. Zeitschr. d. Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes 1868, S. 37, 186; 1872, S. 35; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 206, S. 200.

P. Christofle et Bouilhet, Note sur des réactifs permettant d'obtenir des patines de divers couleurs à la surface des bronzes. Comptes rendus, tome 78, p. 1019; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 213, S. 447.

C. Puscher, Grünlich blaue Patina. Metallarbeiter 1881, S. 107.

Bronze und künstliche Bronzirung. Metallarbeiter 1880, S. 131.

E. Priwoznik, Ueber das Bronziren von Medaillen aus Kupfer. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 224, S. 313.

J. Hunt, Verfahren zum Bronziren des Kupfers mittelst Platinchlorid. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 168, S. 35, aus London Journal of Arts, 1863, p. 102.

A. Schertel, Ueber die Veränderungen am Hildesheimer Silberfunde. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 201, S. 52.

Oxydirtes Silber. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 126, S. 237.

Schutz des Eisens gegen Rost. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 224, S. 551.

Ueber den Schutz des Eisens gegen Rost. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 225, S. 107.

Barff's Proceß, Eisen gegen Rost zu schützen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 236, S. 301.

Barff, The treatment of iron for the prevention of corrosion. Iron, vol. 9, p. 267; Verhandl. d. Vereins für Beförderung des Gewerbfl. in Preußen 1877, S. 292.

George Bower, Der Schutz und die Verzierung der Oberflächen von Eisen und Stahl. Stahl und Eisen, 1. Jahrg., S. 49; Metallarbeiter 1881, S. 169.

George Bower, Neuerungen in der Erzeugung einer gegen Rost schützenden Decke auf Gegenständen aus Eisen und Stahl nebst den dazu verwendeten Oefen. Patentschr. d. deutschen Reichs, Nr. 14196, Kl. 48.

Die Barff- und Bower-Oefen. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, 1881, S. 451.

Ueber Emailliren:

Anleitung zum Emailliren der gußeisernen Kochgeschirre. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 133, S. 256.

Pleischl, Verfahren zum Emailliren mit bleifreiem Email. Böttger's Polyt. Notizblatt 1858, Nr. 2, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 147, S. 237.

S. Tearne, Verfahren beim Emailliren von Messing und Argentan. Polyt. Centralblatt 1862, S. 1302; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 167, S. 152 (aus dem Technologiste).

Notizen über Eisenemailliren. Berggeist 1870, Nr. 77, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 198, S. 135.

Das Emailliren der Kochgeschirre. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 202, S. 502, Deutsche Industriezeitung 1871, Nr. 48.

Email für kupferne Kochgefäße. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 203, S. 499.

Erzeugung eingebrannter Photographien auf Porcellan und Email. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 428.

Sußmann-Hellborn, Emaillenfabrikation. Bayr. Gewerbebl. 1876, S. 107.

Hunter, Enamelling on precious metals in India. The Art-Journal 1876, p. 89.

Godin, Emaillage de la fonte et du fer. Armengaud, Publications industr., t. 24, 1876, p. 506.

Niedringshaus, Patentirtes Verfahren zum Emailliren von Eisenblechwaaren. Maschinenbauer 1878, S. 360; Deutsche Industrieztg., 1878, S. 256, Metallarb. 1880, S. 13.

V. Rauscher, Ueber das Emailliren der aus Eisenblech erzeugten Kochgeschirre und Gefäße. Metallarb. 1880, S. 2, 9, 26, 33, 41, 49, 57.

V. Rauscher, Ueber den Ersatz des Zinnoxyds beim Emailliren eiserner Geschirre durch Kalkphosphat. Metallarb. 1880, S. 393, 402.

A. Pütsch, Emailledarstellung ohne Tiegel im Regenerativofen. Ztschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure, 1880, S. 219; Metallarb. 1880, S. 148.

W. Bersch, Das Emailliren gußeiserner Geschirre. Zeitschr. des Vereins deutsch. Ingenieure 1880, Heft 2; Ztschr. d. Berg- und hüttenm. Vereins für Steiermark und Kärnten 1880, S. 120.

Ueber Tauschiren, Niello 2c.

Maurice Keil, Die Kunsttechnik in der Metallindustrie. Aus dem Techniker im Metallarbeiter 1881, S. 131.

H. Meidinger, Eingefällte Verzierungen. Wagner's Jahresber. der Chemischen Technologie 1874, S. 159.

H. Bauer, Verfahren zur Herstellung verschiedenfarbiger Verzierungen in Metallen. Patentschrift Kl. 49, Nr. 7385 u. 8920.

Sechster Abschnitt.

Metallpräparate.

Man versteht unter dieser Bezeichnung künstlich dargestellte chemische Verbindungen der Metalle (Oxyde, Salze), welche für technische oder medicinische Zwecke Verwendung finden. Unter der großen Zahl der hierher gehörenden Körper sollen in Folgendem nur diejenigen besprochen werden, welche im Großbetriebe dargestellt werden und nicht etwa schon in einem der früheren Bände (Bd. 2; Bd. 5, S. 481 ff. unter Farbstoffe) Erwähnung gefunden hatten.

1) Eisenpräparate.

Eisenvitriol.

Der Eisenvitriol oder das Ferrosulfat hat die chemische Formel $FeSO_4 + 7 H_2O$. Er krystallisirt in bläulich hellgrünen schiefen rhombischen Prismen, deren Farbe theils in Folge der Anwesenheit von fremden Beimengungen (Oxydsalz), theils in Folge abweichender Entstehungsverhältnisse nicht immer genau übereinstimmt. Bei großem Gehalte an Oxydsalz geht sie in eine grasgrüne Färbung über; krystallisirte der Eisenvitriol aus Lösungen, welche wenig freie Säure enthielten, so ist die Farbe trübe. Nicht selten sind die Krystalle von einem aus Calciumsulfat bestehenden weißen Anfluge bedeckt und auch wohl mit ockerigen Niederschlägen verunreinigt. Sonstige häufig vorkommende Verunreinigungen sind Sulfate des Kupfers, Aluminiums, Magnesiums.

An der Luft verwittern die Krystalle allmälig, und zwar zerfallen vollständig oxydfreie Krystalle in trockener Luft zu einem weißen Pulver wasserfreien Salzes, in feuchter Luft dagegen wird leicht, besonders von den schon mit Oxyd etwas verunreinigten Krystallen, Sauerstoff aufgenommen und es entsteht ein gelbes Pulver von basischem Eisenoxydsalze.

Eine oxydhaltige Lösung des Eisenvitriols in Wasser wird durch **Kochen** mit metallischem Eisen vollständig zu Oxydulsalz reducirt, und dasselbe **Mittel** bewirkt zugleich die Zerlegung von etwa vorhandenem Kupfervitriol unter Ausscheidung von metallischem Kupfer.

Die Herstellung erfolgt in verschiedener Weise.

Als Nebenproduct wird derselbe in den Kupferwerken bei der Darstellung von Cementkupfer (Bd. 7, S. 715, 745) gewonnen; auf den Freiberger Hütten auch als Nebenproduct bei der Darstellung des zur Reinigung der Schwefelsäure erforderlichen Schwefelwasserstoffs, welcher durch Auflösen eines an Eisenmonosulfuret sehr reichen Steins in verdünnter Schwefelsäure bereitet wird.

Eisenabfälle (Bohr- und Drehspäne), auch Spatheisensteine, sofern sie ausreichend rein sind, und eisenreiche Frischschlacken werden durch Behandlung mit Schwefelsäure auf Eisenvitriol verarbeitet.

Bei der Alaunfabrikation entsteht beim Rösten und Verwittern der schwefelkieshaltigen Alaunerze Eisenvitriol, welcher theilweise in die Rohlaugen geht, bei der Verarbeitung derselben durch Concentration in der Wärme und darauf folgendes Abkühlen sich ausscheidet (ehe die Ausscheidung des Aluminiumsulfats vor sich geht) und solcherart gewonnen wird. Der Vorgang beruht auf der Thatsache, daß siedendes Wasser $5^1/_2$ mal so viel Eisenvitriol als kaltes zu lösen vermag.

Außer jenen neben den Alaunerzen auftretenden Schwefelkiesen benutzt man aber auch die in Braun- und Steinkohlenlagern oder in anderen Bildungen vorkommenden Schwefelkiese (Eisenbisulfurete) vielfach zur Eisenvitrioldarstellung. Das Verfahren dabei ist etwas abweichend, je nachdem die Kiese — wie die meisten in jüngeren Formationen auftretenden — leicht verwittern oder nicht. Im ersteren Falle bildet man unter freiem Himmel auf einer durch festgestampften Thon wasserdicht gemachten, etwas abschüssigen Sohle (Bühne) Haufen, überläßt dieselben der Einwirkung der Atmosphärilien und begießt sie auch wohl von Zeit zu Zeit mit Wasser, sofern die Regenmenge nicht ausreichen sollte, sie feucht zu erhalten. Es entsteht — bisweilen unter beträchtlicher Erhitzung und selbst Entzündung — Ferrosulfat und Schwefelsäure, und man erkennt diesen Vorgang an dem Effloresciren des Salzes. Durch Uebergießen mit Wasser laugt man die Haufen aus und läßt die entstehende Lauge in einen am Abhange der Bühne angebrachten Sumpf fließen, in welchem sich auch die während der Verwitterung entstehende Lauge sammelt, und in den man Stücke alten Eisens gelegt hat, um entstandenes Oxydsalz zu reduciren.

Aus den in älteren Formationen auftretenden Schwefelkiesen, welche an der Luft nicht verwittern, gewinnt man zunächst durch Destillation in geschlossenen Apparaten Schwefel, die Rückstände (Abbrände) sind dann verwitterungsfähig und werden in der soeben beschriebenen Weise behandelt. Oder man röstet den Schwefelkies an der Luft unter Bildung von schwefliger Säure und läßt dann die Rückstände verwittern.

Die verdünnten, auf Eisenvitriol zu verarbeitenden Rohlaugen werden in steinernen oder bleiernen Pfannen unter Zusatz von Eisenstücken concentrirt (das Rohsieden) und dann heiß in Sümpfe abgelassen, in welchen sich ein gelber Bodensatz von basischem Oxydsalze absetzt. Dieser Niederschlag wird später gebrannt

und dadurch in eine rothe Farbe (Englischroth) verwandelt. Die über dem Niederschlage stehende klare Lösung aber wird nunmehr weiter eingedampft, bis der Krystallisationspunkt erreicht ist (das Garsieden), und dann in die hölzernen Krystallisationsgefäße gebracht, in welchen sich die Krystalle theils an den Wänden, theils an eingehängten Holzstäben ansetzen. Erstere heißen Tafeln, letztere bilden den Traubenvitriol. Die zurückbleibende Mutterlauge wird beim Versieden wieder zugesetzt.

Der Eisenvitriol findet in der Gerberei, als Desinfectionsmittel, wie in der Färberei zum Schwarzfärben und zu manchen anderen Zwecken ausgedehnte Anwendung.

2) Kupferpräparate.

Kupfervitriol.

Schöne lasurblaue säulenförmige Krystalle des klinorhombischen Systems von der Formel $CuSO_4 + 5H_2O$, welche in 2 Thln. heißem oder in 4 Thln. kaltem Wasser, nicht aber in Alkohol löslich sind.

Die Herstellung geschieht in allen Fällen durch Auskrystallisiren aus der im heißen Zustande gesättigten und dann der Erkaltung ausgesetzten Lösung, wobei die zurückbleibende Mutterlauge wieder zum Auflösen frischer Mengen Kupfer benutzt werden kann, während unter Umständen die Krystalle durch Auflösen in Wasser und ein- oder mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt werden. Zur Krystallisation bedient man sich größerer, mit Bleiplatten ausgekleideter Holzgefäße, in welche Streifen aus Bleiblech zum Ansetzen der Krystalle eingehängt sind und in welchen die heiße Lauge mehrere Tage hindurch abkühlt. Die Bereitung der Lösungen aber kann in mannigfacher Weise geschehen [1]).

Wo Kupferhammerschlag oder Kupferabfälle in größeren Mengen zur Verfügung stehen, benutzt man diese, indem man sie mit verdünnter Schwefelsäure bis zur Auflösung behandelt. Bei Anwendung von metallischem Kupfer entweicht schwefligsaures Gas ($Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$), und bisweilen ist die Gewinnung desselben der Hauptzweck für dieses Verfahren. Wo jedoch die schweflige Säure nicht verwendet werden soll, wandelt man zur Ersparung an Schwefelsäure das metallische Kupfer in Sulfat und Oxyd um, indem man es unter Zusatz von Schwefel erhitzt, dadurch Schwefelkupfer bildet, und dieses dann gelinde bei Luftzutritt röstet ($Cu_2S + 5O = CuSO_4 + CuO$). Die geröstete Masse wird mit Wasser behandelt, welches das gebildete Kupfersalz auszieht, der Rückstand aber wird entweder in Schwefelsäure gelöst oder, wenn er noch viel freies Kupfer enthielt, aufs Neue in den Schwefelungsofen eingesetzt.

Weit größere Mengen Kupfervitriol jedoch werden als Nebenproducte bei hüttenmännischen Processen gewonnen. Vor Allem bilden die Kupfersteine (Con-

[1]) Vergl. auch Bd. 7, S. 727.

centrationssteine; vergl. Bd. 7, S. 706) ein ergiebiges Material hierfür. Dieselben werden gepocht, stark oxydirend geröstet (todtgeröstet), gemahlen, gesiebt und dann in Hartbleigefäßen von $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ m Durchmesser und 1,5 m Höhe der Einwirkung von Schwefelsäure und der aus den Krystallisationsgefäßen zurückgekommenen Mutterlauge ausgesetzt, welche mittelst einer Dampfschlange erhitzt wird. Wenn die Lösung beendet ist, stellt man den Dampf ab, läßt die Lauge einige Zeit ruhig stehen und zieht sie dann zunächst von dem am Boden abgesetzten silberhaltigen Schlamme mit Hülfe eines Hebers in Klärkästen ab, in welchen sich ockerige Niederschläge, aus basischen Eisensalzen bestehend, absetzen. Von hier aus gelangt die Lauge nunmehr durch Röhren in die Krystallisirgefäße. Ist in den Mutterlaugen nach mehrmaliger Benutzung derselben zum Auflösen des Steins der Eisengehalt allzu sehr angereichert, so fällt man den Rest Kupfer durch Eisen aus und verarbeitet die Lauge auf Eisenvitriol.

Auch die bei der Gold- und Silberscheidung durch Schwefelsäure und nachfolgender Ausfällung des Silbers durch Kupfer entstehende Kupferlösung bildet ein vielfach benutztes Material für Kupfervitriolgewinnung und besitzt den Vorzug, einen vollkommen reinen Vitriol zu liefern.

Kupfervitriol, welcher stark mit Eisenvitriol verunreinigt ist, läßt sich von demselben durch mäßiges Erhitzen in einem Flammofen befreien. Das Eisen wird hierbei in Oxyd umgewandelt, welches beim Wiederauflösen des Salzes im Wasser zurückbleibt.

Der Kupfervitriol findet seine hauptsächlichste Anwendung zur Darstellung von Farben (zu welchem Zwecke er eisen- und zinkfrei sein muß), Grünspan, für die Silbergewinnung nach dem amerikanischen Amalgamationsverfahren, für Galvanotechnik.

Grünspan.

Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke essigsaures Kupfer; in verschiedenen Gegenden aber stellt man verschiedene Sorten von Grünspan dar, welche äußerlich sich durch ihre Farbe, chemisch durch ihren verschiedenen Essigsäuregehalt unterscheiden.

Der neutrale Grünspan hat die Formel $(C_2H_3O)_2O_2Cu + H_2O$ und wird im Handel häufig mit dem wenig passenden Namen destillirter Grünspan bezeichnet; besser ist die Benennung krystallisirter Grünspan, da er in dunkel blaugrünen undurchsichtigen rhombischen Säulen krystallisirt und in dieser Form verkauft wird. Er löst sich in 5 Thln. siedendem und 13,4 Thln. kaltem Wasser. Die Methoden für seine Darstellung sind verschieden. In einzelnen Fällen wird er durch Auflösen von Kupferoxyd in Essigsäure und Eindampfen gewonnen; in anderen Fällen stellt man ihn aus Kupfervitriol dar, indem man die Lösung desselben mit einer äquivalenten Menge Bleizucker (essigsaurem Blei) oder essigsaurem Barium oder essigsaurem Calcium, welches am billigsten ist, versetzt. Unlösliches schwefelsaures Salz fällt zu Boden und läßt sich von der Lösung des essigsauren Kupfers trennen, welche letztere concentrirt und in die Kry-

stallisationsgefäße gebracht wird. Noch häufiger ist die Herstellung aus dem sogenannten basischen Grünspan, dessen Bereitung sogleich besprochen werden soll. Man löst denselben in Essig, indem man ihn bei einer Temperatur von 70 bis 80° C. mit Holzessig behandelt, bis sich nichts mehr auflöst, dampft dann bis zur beginnenden Krystallausscheidung ein und läßt die heiße concentrirte Lösung in die irdenen Krystallisationsgefäße hinüberlaufen. Fischgrätenartig geformte Holzgerippe werden in die Lösung eingehängt und dienen zum Ansetzen der Krystalle, welche in Traubenform mit dem Holzkerne verkauft werden.

Blauer oder französischer Grünspan ist vorwiegend basisch essigsaures (halbessigsaures) Kupfer von der Formel $(C_2H_3O)_2O_2Cu + CuO_2H_2 + 5H_2O$. Er kommt in grünlich blauen Kugeln oder Stücken in den Handel, löst sich wenig in Wasser, quillt aber mit demselben zu einem dicken Brei auf und wird theilweise zersetzt. Der hauptsächlichste Fabrikationsdistrict für diesen blauen Grünspan ist die Umgegend von Montpellier in Frankreich, wo man Weintrester, welche die essigsaure Gährung durchgemacht haben (man überläßt sie zu diesem Zwecke in großen irdenen Häfen oder Fässern mehrere Tage sich selbst), zur Herstellung benutzt. Zu diesem Zwecke werden die sauren Trester in irdenen Häfen abwechselnd mit Kupferblechen von etwa 1 mm Stärke geschichtet, so daß zwischen je zwei Blechen eine Tresterschicht von etwa 25 mm Stärke sich befindet. Frische Kupferplatten werden zuvor mit einer Lösung von Grünspan bestrichen. Ein Hafen enthält circa 2500 kg Kupferbleche. Man bedeckt dieselben mit Strohmatten und überläßt sie in einem mäßig kühlen (10 bis 15° C.) Orte sich selbst. Unter der vereinten Einwirkung der Essigsäure und Luft entsteht zunächst eine dunkelgrüne Schicht aus neutralem Grünspan. Ist jedoch die Essigsäure verbraucht, so bildet sich unter Einwirkung dieses neutralen Grünspans auf das darunter befindliche metallische Kupfer basisches Salz, dessen Entstehung sich durch das Auftreten hellgrünlich-blauer seidenglänzender Nadeln kund giebt. Der Proceß bis zu diesem Zeitpunkte pflegt 10 bis 20 Tage zu beanspruchen. Die Platten werden nun herausgenommen und längere Zeit hindurch — etwa sechs bis acht Wochen — der Luft ausgesetzt, währenddem man sie häufig mit Wasser oder schwachem Weinessig befeuchtet. Die Grünspankruste nimmt schließlich vollständig jene grünlich blaue Färbung der zuerst erscheinenden Nadeln und ein sammetartiges Aeußere an; man entfernt sie durch Abkratzen, befeuchtet sie mit Wasser bis zur teigartigen Consistenz, preßt den Teig in ledernen Säcken zu prismatischen Stücken oder zu Kugeln und trocknet dieselben in gelinder Temperatur.

Grüner deutscher oder englischer Grünspan besteht vorwiegend aus basisch essigsaurem Salze von der Formel $2(C_2H_3O)_2O_2Cu + CuO_2H_2 + 5H_2O$, daneben aber auch neutrales Salz sowie kohlensaures Kupfer enthaltend. Man erzeugt ihn durch Behandlung von Kupfer mit Essig bei Zutritt der Luft. Kupferplatten werden an einem warmen Orte mit Essig bestrichen und aufgestellt; oder, besser noch, der Einwirkung von erhitzten Essigdämpfen ausgesetzt, wodurch die Zeitdauer des Processes sich erheblich verkürzt. In Schweden schichtet man die Kupferplatten mit Flanelllappen, welche von Essig durchtränkt sind, und läßt die Luft darauf wirken.

Sämmtliche Sorten Grünspan finden als Farben sowie zur Bereitung von Farben, insbesondere des Schweinfurter Grüns, eines Doppelsalzes von essigsaurem und arsenigsaurem Kupfer, $(C_2H_3O)_2O_2Cu + As_2O_6Cu_3$, Verwendung; auch als Material zu der Bereitung der Bäder für galvanische Verkupferung, Vermessingung ꝛc. werden sie an Stelle des Kupfervitriols benutzt, sofern man fürchtet, diesen nicht ausreichend rein von fremden Salzen zu bekommen.

3) Bleipräparate.

Massicot, Bleiglätte.

Beide in der Ueberschrift genannten Präparate bestehen aus Bleioxyd, PbO. Das Massicot ist ein zartes gelbes oder röthlich gelbes Pulver, welches man durch oxydirendes Schmelzen metallischen Bleies bei einer Temperatur, welche den Schmelzpunkt des Bleies wenig übersteigt, erhält. Von Zeit zu Zeit entfernt man das sich an der Oberfläche bildende Oxyd und rührt zur Erneuerung der Oberfläche fleißig um. Auch durch Erhitzen von Bleinitrat oder Bleicarbonat läßt es sich darstellen, findet aber in neuerer Zeit als fertiges Product wenig Verwendung, wohl aber als Zwischenproduct zur Gewinnung von Mennige (siehe unten).

In weit größeren Mengen erzeugt man die Bleiglätte, welche aus geschmolzenem, also in hoher Temperatur dargestelltem, Bleioxyd besteht und bei dem Abtreiben silberhaltigen, vom Pattinsoniren kommenden Bleies in den Silberhütten gewonnen wird. Als flüssige Masse zieht man hierbei die Glätte von der Oberfläche des geschmolzenen Metalls ab. Die Bleiglätte ist niemals vollständig rein, sondern enthält nach der Beschaffenheit des verwendeten Metalls und dem Stadium des Processes mehr oder weniger fremde Oxyde (des Kupfers, Wismuths, Antimons u. a.), durch deren Anwesenheit zum Theil die Farbe der Bleiglätte beeinflußt wird. Man pflegt gelbe Glätte (Silberglätte), rothe Glätte (Goldglätte) und schwarze Glätte zu unterscheiden. In den Handel kommt vorwiegend die rothe Glätte, die gelbe und schwarze werden wieder auf Blei verarbeitet. Die zuletzt genannte Bleiglätte verdankt ihre schwarze Farbe ihrem Gehalte an Schwefelmetallen und Oxyden, gelbe und rothe Glätte dagegen sind chemisch nicht unterschieden, sondern lediglich in Folge verschieden rascher Abkühlung entstanden. Gelbe Glätte wird durch rasche Abkühlung (Ausziehen auf flache Eisenplatten, Begießen mit Wasser), rothe Glätte durch verzögerte Abkühlung (Erstarren in größeren Töpfen) dargestellt. Nach einigen Stunden, besonders beim vorsichtigen Begießen mit Wasser, zerfällt dann die langsam abgekühlte Glätte und zeigt ein krystallinisch schuppiges Gefüge von schön rother Farbe.

Die Bleiglätte wird in der Glasfabrikation, zur Bereitung von Firnissen, Kitten, Pflastern u. s. w. vielfach benutzt.

Mennige.

Dieses auch wohl **Minium** oder in gewissen Fällen **Pariserroth** benannte schöne rothe Pulver ist nach der Formel Pb_3O_4 oder $PbO_2 + 2\,PbO$ zusammengesetzt. Es entsteht durch oxydirendes Erhitzen von Bleioxyd bei einer Temperatur, welche nicht erheblich über 300° C. hinaus gesteigert werden darf, weil in höherer Temperatur die Mennige selbst wieder unter Sauerstoffabgabe zerfällt.

Als Material für die Bereitung der Mennige dient entweder Bleiweiß — kohlensaures Blei, vergl. unten —, welches vorzugsweise zur Darstellung der als **Pariserroth** in den Handel kommenden Sorte benutzt zu werden pflegt, oder metallisches Blei. Bleiglätte ist nicht zu gebrauchen, da sie nur sehr langsam und unvollkommen sich oxydirt.

Bei Anwendung metallischen Bleies als Material für die Mennigefabrikation (Mennigebrennen genannt) zerfällt der ganze Proceß in zwei gesonderte Abschnitte: die Herstellung des Bleioxyds (Massicots, wie oben erwähnt) und die Höheroxydation des letzteren. Auf dem Boden eines Herdflammofens wird zunächst das Blei unter häufigem Durchrühren mit eisernen Krücken oder mit einer mechanischen Rührvorrichtung geschmolzen, das entstehende Oxyd wird abgestrichen, nach dem hinteren Theile des Ofens geschoben und durch sorgfältige Regelung der Temperatur vor dem Schmelzen geschützt. Nach beendigter Oxydation schlämmt man das erhaltene Massicot, bringt die noch nicht vollständig oxydirten Bleireste zurück in den Ofen, sortirt das Uebrige in verschiedene Feinheitsgrade, trocknet es in irdenen Gefäßen unter Benutzung der aus den Oefen abziehenden Wärme und mahlt es zu feinem Pulver, welches nunmehr den eigentlichen Mennigebrennöfen überwiesen wird. Dieselben sind entweder Herdöfen, auf deren mit Ziegelsteinen gepflasterter Sohle das Bleioxyd (beziehentlich Bleiweiß) ausgebreitet wird, oder besser noch Muffelöfen. Wo die Erzeugung des Bleioxyds mit dem sogenannten „Garbrennen“ desselben zu Mennige Hand in Hand geht, benutzt man wohl eine gemeinschaftliche Feuerung für beide Zwecke, indem man beide erforderlichen Oefen über einander legt. Die Flamme erhitzt zunächst den Calcinirofen für das Blei, und die aus diesem entweichenden, bereits abgekühlten Gase heizen nunmehr den unten befindlichen Garbrennofen. Die Zeitdauer dieses Processes pflegt 20 bis 48 Stunden zu sein; durch häufiges Umrühren wird die Oberfläche des Bleioxyds in möglichst vollkommene Berührung mit der Luft gebracht. Ist die erforderliche Färbung erreicht, so läßt man den Ofen langsam erkalten und holt die gebrannte Mennige, welche nunmehr für den Verkauf fertig ist, heraus.

Ein anderes neueres Verfahren zur Darstellung der Mennige (nach **Burton**) beruht auf dem Erhitzen von schwefelsaurem Blei mit Soda und Salpeter. Es entsteht Mennige, welche durch Auslaugen von den übrigen löslichen Körpern getrennt wird.

Man benutzt die Mennige als Farbe, zur Bereitung von Kitt (Mennigekitt), in der Glasfabrikation u. s. w. Nicht selten ist sie mit Ziegelmehl, Bolus, Eisen-

oxyd (Eisenmennige), auch mit Bleiweiß, Zinkweiß u. a. m. verfälscht. Durch Behandlung der Mennige mit Salpetersäure entsteht neben löslichem Bleinitrat unlösliches Bleisuperoxyd (PbO_2), welches als braunes Pulver zurückbleibt und bei Anfertigung von Zündwaaren benutzt wird.

Bleizucker.

Man pflegt mit diesem Ausdrucke neutrales essigsaures Blei von der Formel $(C_2H_3O)_2O_2Pb + 3H_2O$ zu bezeichnen. Es krystallisirt in wasserhellen vierseitigen Prismen oder Nadeln, welche in 1,6 Thln. kaltem oder 0,5 Thln. heißem Wasser, weniger gut in Alkohol, löslich sind.

Zur Bereitung pflegt man gemahlene Bleiglätte und Essig zu benutzen; und zwar Holzessig für die Darstellung des sogenannten braunen oder französischen Bleizuckers, welcher durch die aus dem Holzessig stammenden empyreumatischen Stoffe gefärbt ist, und gereinigte Essigsäure oder starken weißen Essig zur Darstellung des weißen Bleizuckers. Man bringt die Säure in ein entsprechend großes Gefäß und setzt unter häufigem Umrühren so lange von der Glätte zu, bis eingetauchtes Lackmuspapier nur noch ganz schwache Röthung erkennen läßt, ein Zeichen, daß die Sättigung der Säure beendet ist. Dann läßt man die Flüssigkeit durch ruhiges Stehen sich klären und zieht sie von dem zurückbleibenden Bodensatze ab, um sie in Pfannen aus Blei oder Kupfer längere Zeit im Sieden zu erhalten. Hierdurch werden verschiedene fremde Bestandtheile der Lösung ausgeschieden, die man wiederum sich absetzen läßt, um dann in einem anderen Kessel aus Kupfer oder aus mit Bleiblech ausgefüttertem Eisen das Abdampfen fortzusetzen. Ist die Lösung bis zur beginnenden Krystallausscheidung concentrirt, so verdünnt man mit der doppelten bis dreifachen Menge Wasser und scheidet dadurch abermals fremde Körper, theerige Bestandtheile des Holzessigs, aus, die sich als Schaum an der Oberfläche sammeln und durch Abstreichen entfernt werden. Dasselbe Verfahren wird ein- oder mehrmals wiederholt, wenn die Flüssigkeit noch stark braun gefärbt sein sollte. Alsdann concentrirt man wieder und bringt schließlich die heiße Lösung in die Krystallisirgefäße, flache Bottiche aus Kupferblech, um sie hier erkalten zu lassen. Von den ausgeschiedenen Krystallen wird die Mutterlauge abgegossen, um abermals concentrirt zu werden. In derselben häufen sich aber mehr und mehr die noch nicht ausgeschiedenen theerigen Körper an; sie wird immer dunkler, schließlich fast schwarz, syrupsdick und läßt sich nunmehr nicht mehr zur Krystallisation benutzen, sondern kommt als sogenannter **Bleithran** in den Handel oder wird auf Essigsäure verarbeitet. Bei der Herstellung von braunem Bleizucker in Stücken dagegen concentrirt man die Lösung in Kupferkesseln so weit, bis eine herausgenommene Probe erstarrt, und gießt sie dann in Gußformen aus, um später die erstarrte Masse in Stücke zu zerschlagen.

Bei der Anwendung reiner Essigsäure statt des Holzessigs fällt das Verdünnen und Abschäumen der concentrirten Lösung weg; dagegen pflegt man die letztere, um alle etwa vorhandenen Unreinigkeiten zu entfernen, in Siedhitze durch Spitzbeutel aus Leinen oder Filz in die Krystallisirbottiche zu filtriren.

Die entstandenen Krystalle läßt man abtropfen und trocknet sie auf Horden in geheizten Räumen bei einer Temperatur von etwa 30° C. In höherer Temperatur tritt Verwitterung ein.

Bei einer anderen Methode leitet man Essigsäuredämpfe durch Fässer, in welchen die Bleiglätte auf durchlöcherten Böden aufgeschichtet ist. Eine concentrirte heiße Lösung sammelt sich am Boden der Fässer und wird von hier ohne Weiteres in die Krystallisirgefäße abgelassen.

Bleizucker findet in der Färberei, zur Darstellung von Chromgelb (Bleichromat), und einiger anderer Bleipräparate sowie zu Heilmitteln mannigfache Verwendung.

Bleiweiß.

Diese in großen Mengen dargestellte und als weiße Farbe benutzte Bleiverbindung besteht im Wesentlichen aus basisch kohlensaurem Blei von der Formel $2\,PbCO_3 + PbH_2O_2$, ist jedoch nicht constant zusammengesetzt und enthält in einigen Fällen mehr, in anderen weniger Bleihydroxyd, von dessen Menge zum großen Theile die Deckkraft der Farbe und somit der Werth derselben direct abhängt.

Die Darstellung des Bleiweiß geschieht in verschiedenen Ländern in ziemlich abweichender Weise, und, dieser verschiedenen Darstellung entsprechend, sind auch die Benennungen, unter welchen dasselbe in den Handel gebracht wird, ziemlich mannigfaltig; Kremser Weiß, Kremnitzer Weiß, Silberweiß u. a. sind sämmtlich Bezeichnungen für besondere Sorten Bleiweiß. Fast alle jene verschiedenen Darstellungsmethoden aber fußen im Wesentlichen auf demselben Vorgange: der Umwandlung von basisch essigsaurem Blei $(C_2H_3O)_2O_2Pb, PbO$ durch Einwirkung von Kohlensäure in neutrales essigsaures Blei und kohlensaures Blei:

$$(C_2H_3O)_2O_2Pb, PbO + CO_2 = (C_2H_3O)_2O_2Pb + PbCO_3.$$

Bei der holländischen und der deutschen Methode der Bleiweißdarstellung gießt man aus möglichst reinem Blei dünne Tafeln von 1 bis 2 mm Stärke, indem man das geschmolzene Blei auf eine eiserne Platte ausgießt und dann, sobald eine dünne Schicht erstarrt ist, das noch flüssige ablaufen läßt. Gewalzte Bleiplatten (Bleche) würden nicht nur kostspieliger sein, sondern auch ihrer größeren Dichtigkeit und glatteren Oberfläche halber den chemischen Einflüssen, welche für ihre Umwandlung in Bleiweiß in Thätigkeit treten müssen, stärkeren Widerstand entgegen setzen. Diese Einflüsse nun werden in verschiedener Weise hervorgerufen. In Holland und einigen norddeutschen und belgischen Fabriken rollt man die dünnen etwa 3 m langen Bleiplatten, deren jede ungefähr 2 kg wiegt, spiralförmig zusammen, jedoch so, daß die einzelnen Windungen sich nicht berühren, steckt jede dieser Spiralen in einen irdenen inwendig glasirten Topf von etwa 13 cm Durchmesser, 25 cm Höhe, in welchem etwa 10 cm oberhalb des Bodens einige nach innen vorspringende Nasen angebracht sind, auf welche das Blei sich aufsetzt ohne den Boden zu berühren. Der unterhalb der Bleispirale bleibende Raum wird soweit mit Essig gefüllt, daß eine Berührung mit dem Blei

ausgeschlossen ist. Die auf solche Weise vorgerichteten Töpfe werden nun, nachdem jeder derselben mit einer Bleiplatte bedeckt worden ist, in mehreren Schichten über einander in eine mit Pferdedünger gefüllte Grube, Looge genannt, eingegraben und vollständig mit Pferdedünger umgeben. Durch die Verwesung des Düngers entwickelt sich alsbald im Innern des Haufens eine Temperatur von etwa 45° C., welche eine allmälige Verdampfung des in den Töpfen eingeschlossenen Essigs zur Folge hat. Es entsteht zunächst basisch essigsaures Blei, welches jedoch unter Einwirkung der im Haufen sich reichlich entwickelnden Kohlensäure wie des kohlensauren Ammons alsbald in kohlensaures Blei umgewandelt wird. Die hierbei frei werdende Essigsäure wirkt abermals auf das noch vorhandene Blei ein, u. s. f., und dieser Umwandlungsproceß geht in derselben Weise fort, bis schließlich alle vorhandene Essigsäure in Folge der unvermeidlichen Verdunstung und Zersetzung verschwunden ist. Nach Verlauf von etwa sechs Wochen wird die Grube ihres Inhalts entleert und das gebildete Bleiweiß, welches in Form schieferartiger Krusten sich abgelagert hat und durch Klopfen abgelöst wird, entweder als „Schieferweiß" in den Handel gebracht oder mit Wasser fein gemahlen, in Töpfen von zuckerhutartiger Form getrocknet und in solchen Broten verkauft.

In süddeutschen Fabriken dagegen wie in Oesterreich (Klagenfurt, Wolfsberg) benutzt man statt des Düngerhaufens geheizte Kammern für die Durchführung desselben chemischen Processes und nennt die Methode deshalb auch wohl Kammerverfahren. Die Kammern sind mit einer Thür versehen, welche während des Betriebes fest verschlossen gehalten wird, und werden durch hindurchgehende Heizröhren oder Canäle auf eine Temperatur von ungefähr 35° erwärmt. Die zur Bleiweißdarstellung nach dieser Methode bestimmten Platten werden nicht wie bei dem holländischen Verfahren gerollt, sondern dachförmig zusammengebogen und solcherart befähigt, auf hölzernen Latten aufgehängt zu werden. Diese Latten sind entweder über und neben einander in den Kammern selbst angebracht oder sie ruhen horizontal auf dem Rande hölzerner, gut wasserdicht verkitteter und am Boden mit Pech ausgegossener Kasten von 20 bis 25 cm Tiefe, 1,5 bis 2 m Länge, 0,3 bis 0,4 m Breite, welche in die Kammern — deren jede etwa 90 solcher Kasten aufzunehmen vermag — eingesetzt werden. In diese Kasten, beziehentlich in eine am Boden der Kammer aufgestellte Kufe mit durchlöchertem Deckel (sofern man keine Kasten benutzt) wird nun Essig oder ein Gemisch aus Weinlager und Essig oder Aepfelmost mit einer Infusion von Rosinen gebracht und dann die Kammer geheizt. Bei einem neueren vervollkommneten Verfahren leitet man auch wohl zur sichereren Regelung des Processes Essigdämpfe, Kohlensäure und Luft in die Kammern. Nach etwa 15 Tagen wird die Kammer geöffnet, die mit Bleiweiß stark incrustirten Platten werden herausgenommen, das Bleiweiß wird abgeklopft, in Wasser aufgeweicht, dann geschlämmt, wobei einestheils die dem Bleiweiß noch beigemengten Bleikörnchen entfernt werden, anderentheils eine Sortirung des Bleiweiß in verschiedene Feinheitsgrade stattfindet, dann in großen Gefäßen durch Aufrühren in Wasser und Absetzenlassen gewaschen (wobei das noch vorhandene essigsaure Salz entfernt wird), schließlich ausgeschöpft und getrocknet. Die feinste Sorte des nach dieser Methode erzeugten Bleiweißes wird als Kremserweiß oder Silberweiß in den Handel gebracht.

Bei einem englischen Verfahren, welches jedoch selten in Anwendung ist, befeuchtet man fein gepulverte Bleiglätte mit Bleizuckerlösung, bringt sie in horizontale, durch Deckel verschlossene Tröge, in welchen sie durch Rührwerke in steter Bewegung erhalten wird, und leitet Kohlensäuregas hindurch, welches man durch Verbrennen von Coks erzeugt und mit Hülfe eines Gebläses den Trögen zuführt. Als Vortheil dieser Methode rühmt man die stärkere Deckkraft des erhaltenen Erzeugnisses.

Die französische Methode, von Thénard im Anfange dieses Jahrhunderts erfunden, von Brechod und Rosard ausgebildet, ist u. a. in großartigem Maßstabe in der Bleiweißfabrik in Clichy bei Paris in Anwendung. Sie beruht auf der Umwandlung von basisch essigsaurem Blei (dem sogenannten Bleiessig, welcher durch Einwirkung von Bleizuckerlösung auf überschüssiges Bleioxyd erhalten werden kann) in kohlensaures Blei und neutrales essigsaures Blei nach der oben mitgetheilten Formel unter Benutzung dieses letzteren Salzes zur abermaligen Bildung von Bleiessig, u. s. f. Es entsteht also ein Kreislauf, in welchem die einmal vorhandene Essigsäure mit Ausnahme der verloren gehenden kleinen Mengen derselben immer aufs Neue wieder für denselben Zweck benutzt wird; und aus diesem Grunde kann man mit Recht diese Methode als die rationellste unter allen übrigen bezeichnen. Dagegen steht die Deckkraft des nach der französischen Methode gewonnenen Bleiweißes derjenigen des nach dem holländischen, deutschen oder englischen Verfahren dargestellten nach.

Zur Durchführung dieses Verfahrens behandelt man zunächst in einem ausreichend großen, mit einem maschinellen Rührwerke versehenen Bottiche gemahlene Bleiglätte, welche im Ueberschusse vorhanden sein muß, mit rectificirtem Holzessig, solcherart eine Auflösung von basisch essigsaurem Blei erzeugend. Die Lösung wird durch einen Hahn in ein zweites, tiefer liegendes Gefäß aus verzinntem Kupfer zum Klären abgelassen und von hier aus wiederum durch einen Hahn, welcher oberhalb des abgesetzten Schlammes in der Wand des Gefäßes sich befindet, in den für die Zersetzung bestimmten Behälter übergeführt. Letzterer besteht aus einem Gefäße mit Deckel, durch welchen hindurch 600 bis 800 senkrechte Kupferröhren, welche von einem gemeinsamen größeren Rohre abzweigen, in das Innere des Gefäßes hinein geleitet sind, so daß sie etwa 32 cm tief in die Bleilösung eintauchen. Durch diese Röhren wird die Kohlensäure zugeführt; man erzeugt dieselbe durch Verbrennung von Coks und reinigt sie von Schwefelwasserstoff und mitgeführten Rußtheilchen mittelst Hindurchleitens durch ein Waschgefäß, in welchem sich eine Lösung von Bleizucker oder anderer geeigneter Substanzen befindet. Nach Verlauf von 12 bis 14 Stunden wird der Proceß unterbrochen; man läßt den Niederschlag sich absetzen, zieht die zurückgebliebene klare Flüssigkeit, welche aus einer Lösung von Bleizucker besteht, durch einen Hahn in ein besonderes Gefäß ab, um sie von hier aus durch eine Pumpe wiederum in den Mischbottich zu befördern, wo sie aufs Neue mit Bleiglätte in Berührung gebracht und zur Darstellung der basisch essigsauren Bleilösung verwendet wird; das entstandene Bleiweiß aber wird durch wiederholtes Auswaschen mit Wasser gereinigt und schließlich getrocknet.

Auch Kohlensäure, welche bei der Gährung des Mostes, der Bierwürze, der Branntweinmaische sich entwickelt, oder solche, welche der Erde entströmt, hat man verschiedentlich für die Bleiweißfabrikation nach dieser Methode zu benutzen gesucht.

Ueber sonstige vorgeschlagene Methoden zur Bleiweißfabrikation (Pattinson's Verfahren durch Zersetzung von Bleichlorid mit Kalkwasser oder doppelt kohlensaurem Magnesium; Payen's Verfahren durch Zersetzung von Bleisulfat, welches als Nebenproduct bei Darstellung verschiedener Präparate entfällt, mit kohlensauren Alkalien u. a.) vergl. die Literaturnachweise.

Das Bleiweiß im reinen Zustande ist vollständig weiß, löslich in Essigsäure und Salpetersäure, als Farbe ausgezeichnet durch starke Deckkraft. Durch Schwefelwasserstoff wird es rasch gebräunt und darf deshalb nicht für den Anstrich solcher Gegenstände benutzt werden, welche mit schwefelwasserstoffhaltigen Gasen in Berührung kommen. Bleiweiß, welches nach der holländischen Methode dargestellt wurde, zeigt mitunter einen Stich ins Röthliche, eine Erscheinung, welche man einem Mangel an Kohlensäure bei der Darstellung zuschreibt.

Nicht selten vermischt man das Bleiweiß mit schwefelsaurem Baryum (Blanc fixe, Barytweiß), theils als Verfälschung, theils, um billigere Farben in den Handel zu bringen. Die Deckkraft derselben ist jedoch bedeutend geringer und ihre Anwendung kaum zu empfehlen, da der größere Aufwand nicht allein an Farbe, sondern auch an Firniß jene Ersparung mehr als ausgleichen wird. Solche Farben, aus Gemischen von Bleiweiß und Barytweiß bestehend, sind z. B. Venetianerweiß mit 50 Proc. Barytweiß, Hamburgerweiß mit $66^2/_3$ Proc. Barytweiß, Holländischweiß mit 75 bis 80 Proc. Barytweiß.

Perlweiß ist Bleiweiß, dem man durch Zusatz bläulicher Farbstoffe einen schwachen Stich ins Blaue gegeben hat.

Das reine Bleiweiß pflegt 84 bis 87 Proc. Bleioxyd, 11 bis 15 Proc. Kohlensäure, 1 bis 2 Proc. Wasser zu enthalten.

4) Zinkpräparate.

Zinkvitriol.

Abgesehen von dem sehr nahe liegenden, aber kostspieligeren Verfahren, bei welchem man metallisches Zink in Schwefelsäure auflöst und dann eindampft (kleinere Mengen sehr reinen Zinkvitriols werden auf diese Weise wohl als Nebenproduct bei der Wasserstoffdarstellung, in galvanoplastischen Anstalten u. s. w. gewonnen), läßt sich Zinkvitriol, ähnlich wie der Kupfervitriol, durch Rösten der Zinkblende in größeren Mengen darstellen. Aus dem Schwefelzink entsteht schwefelsaures Zink, welches durch Wasser ausgezogen wird. Man concentrirt durch Eindampfen in Bleipfannen bis zur beginnenden Krystallausscheidung und bringt die Lösung in die Krystallisirgefäße. Die entstandenen Krystalle von Rohvitriol sind indessen stark mit Eisen-, Mangan-, Kupfer-, Aluminium- und anderen

Salzen verunreinigt und enthalten bisweilen nur 75 Proc. reinen Vitriol; man reinigt sie, indem man sie in kupfernen Kesseln in ihrem Krystallwasser schmilzt und längere Zeit flüssig erhält; die anwesenden fremden Salze, welche leichter als das Zinksalz zersetzbar sind, treten dabei an die Oberfläche und lassen sich durch Abschäumen beseitigen. Das gereinigte Salz wird dann in Formen ausgegossen, wo es in Broten erstarrt.

Die Zusammensetzung des reinen Zinkvitriols wird durch die Formel $ZnSO_4 + 7H_2O$ dargestellt.

Unter der Bezeichnung Gemischter Vitriol bringt man mitunter — in neuerer Zeit jedoch ziemlich selten — Krystalle in den Handel, welche Zink-, Kupfer- und Eisenvitriol neben einander enthalten und durch Mischung der verschiedenen Lösungen und Eindampfen hergestellt werden können (Cypervitriol). Auch Kupfer- und Eisenvitriol ohne Zinkvitriol wird — und zwar noch häufiger — als gemischter Vitriol verkauft.

Der Zinkvitriol findet bei der Firnißbereitung, in den Kattundruckereien und zu einigen anderen Zwecken Verwendung.

Zinkchlorid (Chlorzink).

Dieses beim Löthen der Metalle (Seite 210), zum Imprägniren von Holz (Eisenbahnschwellen), in der Papierfabrikation und zu einigen anderen Zwecken in ziemlich großen Mengen verwendete Salz läßt sich in verschiedener Weise gewinnen.

Der Metallarbeiter stellt es sich häufig, da es für ihn nur um kleinere Mengen sich handelt, durch Auflösen von Zink in Salzsäure bis zur Sättigung derselben dar und versetzt die Lösung mit einer dem Zinkverbrauche gleichen Menge Salmiak, oder übersättigt die noch saure Lösung mit Ammoniak, so daß er das zum Löthen noch brauchbarere Doppelsalz $2NH_4Cl + ZnCl_2$ erhält.

In größeren Mengen wird das Zinkchlorid als Nebenproduct in Soda- und Schwefelsäurefabriken zur theilweisen Verwerthung der reichlich entstehenden Salzsäure dargestellt. Man läßt die letztere noch warm auf gemahlene Zinkblende einwirken, wobei Schwefelwasserstoff sich verflüchtigt und eine Lösung von Zinkchlorid zurückbleibt. Ersterer wird verbrannt und die entstehende schweflige Säure zu Schwefelsäure verarbeitet oder zur Bereitung von Sulfiten oder Hyposulfiten benutzt; die Zinklösung aber dampft man zur Syrupsconsistenz ab und bringt sie in dieser Form in den Handel.

Auch die Rückstände vom Rösten zinkblendehaltiger Pyrite werden, ehe man sie auf Kupfer, Silber ꝛc. verarbeitet, zur Darstellung von Zinkchlorid benutzt. Beim Rösten jener Erze entsteht nämlich Zinkvitriol, welcher, wie schon oben erwähnt wurde, weit schwieriger als Eisen- oder Kupfervitriol zersetzbar ist und daher auch in hoher Rösttemperatur unverändert bleibt. Man zieht ihn durch Wasser aus, und versetzt die Lösung mit Kochsalz, wodurch Glaubersalz (als Nebenproduct) und Zinkchlorid entsteht. Ersteres wird durch Eindampfen und Krystallisiren abgeschieden.

Aus der Lösung des Zinkchlorids läßt sich das wasserfreie Salz — welches übrigens weit seltener als die wässerige Lösung benutzt wird — nur zum Theil durch Eindampfen abscheiden, weil beim fortgesetzten Eindampfen theilweise Zersetzung unter Verflüchtigung von Salzsäuredämpfen und Bildung von Zinkoxyd eintritt; destillirt man nun den Rückstand in Rothgluth, so bleibt letzteres zurück und das Zinkchlorid, $ZnCl_2$, verdichtet sich in der Vorlage zu einer weichen, durchscheinenden Masse (Zinkbutter), welche leicht schmilzt, aber erst in Temperaturen über 700° siedet. Auch durch Erhitzen eines Gemenges von Zinkvitriol und Kochsalz entsteht wasserfreies Zinkchlorid und wird durch Sublimation von dem zurückbleibenden Natriumsulfat getrennt.

Zinkweiß.

Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke Zinkoxyd, ZnO, welches als weiße Farbe vielfach Benutzung findet, besonders an Stelle des Bleiweißes, vor dem es außer einer noch etwas stärkeren Deckkraft den Vortheil voraus hat, durch schwefelwasserstoffhaltige Gase nicht gebräunt zu werden, dagegen steht es im Preise etwas höher als dieses. Die Darstellung geschieht in allen Fällen durch Oxydation des Zinks und man hat zwei verschiedene Wege dafür.

Bei der älteren Methode wird fertig dargestelltes metallisches Zink in Retorten aus feuerfester Masse, ähnlich den Retorten der Gasanstalten, von denen eine größere Zahl von einer gemeinschaftlichen Feuerung aus geheizt wird, bis zur Verflüchtigung erhitzt. Die Zinkdämpfe entweichen durch eine angebrachte Oeffnung und werden sogleich beim Heraustreten aus der Retorte von einem Strahle erhitzter Gebläseluft getroffen und in Zinkoxyd verwandelt. Letzteres wird durch den Luftstrom fortgeführt und in Kammern abgesetzt, von wo es gesammelt wird, um ohne Weiteres für den Verkauf benutzt zu werden.

Bei einer neueren Methode, welche zu Newark in New Jersey wie in Ougrée bei Lüttich in ziemlich großartigem Maßstabe in Anwendung ist und als amerikanische Methode bezeichnet wird, verarbeitet man zinkoxydhaltige Erze, ohne zuvor das Zink in fester Form daraus herzustellen, auf Zinkweiß. Sie werden, sofern sie schwefelhaltig sind, geröstet, mit Coks gemischt und auf die Reductionstemperatur des Zinks, in welcher bekanntlich das metallische Zink flüchtig ist (Bd. 7, S. 765), erhitzt; die sich bildenden Zinkdämpfe aber werden sofort oxydirt und das Zinkweiß in Staubsäcken aufgefangen. Zur Durchführung des Processes dienen Oefen von etwa 5 m Länge, 1,4 m Breite, welche durch einen in der ganzen Länge sich hindurchziehenden horizontalen Rost in eine untere und obere Abtheilung geschieden sind. Jede dieser Abtheilungen ist durch luftdicht schließende Thüren von außen zugänglich. Die untere dient als Aschenfall und zur Zuführung von Unterwind; in der oberen befindet sich auf dem Roste eine Lage Coks und wenn diese durch den zugeführten Wind in volle Verbrennung versetzt worden ist, wird das Gemisch aus Zinkerzen und Kohle aufgeschüttet. Nach Verlauf von ungefähr einer Stunde beginnt die Destillation des Zinks, welches sogleich durch die sauerstoffreichen Verbrennungsgase wieder oxydirt wird; um jedoch die Oxydation voll-

ständig zu machen, leitet man den aus dem Ofen durch einen Canal austretenden mit Zinkoxyd und Zinkdämpfen gemischten Gasen aufs Neue Gebläseluft zu. Leinewandsäcke, durch deren Poren die gasförmigen Bestandtheile des durch den Gebläsewind fortgeführten Gemenges hindurch entweichen können, dienen gewissermaßen zum Filtriren des Gasstroms und zum Auffangen des gebildeten Zinkweiß. Bei einer neueren Ofenconstruction, welche sich jedoch weniger gut bewährt haben soll, befindet sich das Gemisch auf der gemauerten Sohle eines gewöhnlichen Herdflammofens, der Wind wird — wie bei allen solchen Oefen mit Unterwind — durch den hinter dem Herde angeordneten Rost zugeführt und die Gase sammt dem gebildeten Zinkweiß werden durch den Fuchs des Ofens in die Sammelräume geführt.

In Newark verarbeitet man auf diese Weise die dort in reichen Mengen vorkommenden Franklinite, Magneteisenerze, in welchen ein Theil des Eisenoxyduls durch Zinkoxyd, des Eisenoxyds durch Manganoxyd vertreten ist:

$$(FeO, ZnO)_3 (Fe_2O_3, Mn_2O_3),$$

mit 25 Proc. Zinkoxyd (im reinen Zustande) und verwendet die Rückstände zur Darstellung von Spiegeleisen im Hochofen.

5) Silberpräparate.

Silbernitrat, Silbersalpeter.

Dieses auch unter dem Namen Höllenstein bekannte Präparat hat die Formel $AgNO_3$. Man benutzt es für Herstellung von Silberbädern in der Galvanotechnik (S. 243), zum Schwarzbeizen des Messings und anderer Metalle, bei der Silberplattirung (S. 203), in großen Mengen für die Photographie (nach R. v. Wagner sollen jährlich für diesen Zweck an 2200 Centner Silber verbraucht werden), in der Chirurgie und für einige andere Zwecke.

Für die Darstellung desselben pflegt man altes (kupferhaltiges) Silber zu benutzen, welches in Salpetersäure gelöst wird. Man dampft die Lösung zur Trockniß, erhitzt den Rückstand vorsichtig, wobei das Kupfersalz unter Zurücklassung von Kupferoxyd zerlegt wird, löst ihn in Wasser, filtrirt, und läßt durch Eindampfen das Silber auskrystallisiren. Oder man bewirkt die Trennung des Kupfers vom Silber, um das wenig angenehme Schmelzen zu umgehen, durch mehrmaliges Umkrystallisiren, wobei, wenn man das Eindampfen rechtzeitig unterbricht, das Kupfersalz in der Mutterlauge zurückbleibt. Durch Abwaschen der Krystalle mit concentrirter Salpetersäure, in welcher das Silbersalz wenig löslich ist, werden sie von anhängender Mutterlauge befreit. Gewöhnlich schmilzt man die erhaltenen Krystalle in niedriger Temperatur unter Benutzung eines silbernen Tiegels oder einer silbernen Kelle mit Ausguß, gießt die geschmolzene Masse in Formen und bringt sie als dünne Stängelchen in den Handel. War das Salz kupferfrei und war nicht etwa durch zu hoch gesteigerte Temperatur Zersetzung eingetreten, so ist die Schmelze vollständig weiß.

6) Goldpräparate.

Goldchlorid.

Dasselbe wird zur Herstellung der Vergoldungsflüssigkeiten in galvanotechnischen Anstalten, sowie auch für die einfache Vergoldung durch Bestreichen der Metallwaaren mit der Goldlösung benutzt. Man stellt es durch Auflösen von metallischem Gold in Königswasser mit überschüssig zugesetzter Salzsäure und Eindampfen im Wasserbade bis zu einer gewissen Concentration dar. Es scheiden sich hierbei gelbe nadelförmige Krystalle aus, sogenanntes saures Goldchlorid, aus einer Verbindung von Goldchlorid und Chlorwasserstoffsäure bestehend. Setzt man das Eindampfen weiter fort, so färbt sich die Lösung dunkler und erstarrt schließlich beim Erkalten zu einer rothen, blättrig krystallinischen Masse von neutralem Goldchlorid, welches an der Luft unter Aufnahme von Wasser rasch zu einer röthlich gelb gefärbten Lösung zerfließt.

Goldsalz

wird ein Doppelsalz aus Goldchlorid mit Natriumchlorid, $NaAuCl_4 + 2H_2O$, genannt, welches in der Photographie zum Färben (Schönen) der Albumincopien sowie in der Glas- und Porcellanmalerei zur Darstellung von rothem Goldglase Anwendung findet. Man bereitet es durch Vermischen von Goldchlorid und Kochsalz in solchen Mengen, daß auf 8 Thle. gelösten Goldes 2 Thle. Kochsalz kommen, Auflösen in Wasser und Eindampfen in gelinder Wärme. Auch Kaliumgoldchlorid wird in gleicher Weise dargestellt und verwendet.

Goldpurpur.

Wenn man eine Goldchloridlösung mit Zinnchlorürlösung versetzt, so entsteht ein Niederschlag, welcher Gold, Zinn und Sauerstoff in wechselnden Mengen enthält und demnach auch nicht immer gleichmäßig gefärbt ist, sondern purpurroth, braun bis schwarz aussieht. Dieser Niederschlag bildet den Goldpurpur, welcher 1683 von Cassius in Leyden erfunden wurde und seitdem zum Rothfärben von Glas wie in der Porcellanmalerei Anwendung findet. Ueber die chemische Constitution des Goldpurpurs giebt es zwei verschiedene Ansichten, zwischen denen noch nicht endgültig entschieden ist; nach der einen (älteren) Ansicht besteht derselbe aus einer Verbindung von Goldoxyd und Zinnoxyd, nach der anderen wahrscheinlicheren Ansicht aus Zinnoxyd, welches durch höchst fein vertheiltes Gold in einer purpurrothen Modification gefärbt ist.

Obschon erfahrungsmäßig der am schönsten purpurroth gefärbte Niederschlag bei der Anwendung zur Porcellanmalerei nicht gerade immer auch das schönste Roth liefert, sondern mitunter auch der braune Niederschlag sehr gut verwendbar sein kann, so trachtet man doch bei der Darstellung vorzugsweise nach der Erlangung eines schön rothen Goldpurpurs, und es giebt zahlreiche Vorschriften hierfür. Nach Otto (Lehrbuch der anorganischen Chemie, vierte Auflage, dritte Abtheilung, S. 905) ist es erforderlich, daß in der Zinnlösung neben Zinnchlorür auch Zinnchlorid vorhanden sei, wenn ein rother Niederschlag entstehen soll; reine Zinnchlorürlösung giebt eine braune Fällung; 1 Thl. krystallisirtes Zinnchlorür und 2 Thle. krystallisirtes Zinnchlorid liefern mit 1 Thl. krystallisirtem Goldchlorid einen schönen purpurfarbigen Niederschlag. Nothwendig ist ferner die Abwesenheit von Salpetersäure in der Goldlösung. Auch der Verdünnungsgrad der Lösungen ist von Wichtigkeit. Aus stark verdünnten Lösungen erhält man leichter schöne Niederschläge als aus concentrirten, welche braune Niederschläge liefern.

7) Nickelpräparate.

Nickelvitriol.

Seit Einführung der galvanischen Vernickelung haben die Nickelsalze eine erhöhte Bedeutung auch für die Verarbeitung der Metalle gewonnen; und unter ihnen ist es vorzugsweise das schwefelsaure Nickel, der Nickelvitriol, welches mit Vorliebe zur Herstellung der Bäder benutzt wird.

Dasselbe kommt gewöhnlich in schönen grüngefärbten Krystallen in den Handel, welche man durch Krystallisiren der gesättigten schwefelsauren Lösung erhält. Die Krystalle werden, um von der schwefelsäurehaltigen Mutterlauge befreit zu werden, zweckmäßig mit einem Gemisch aus Weingeist und Wasser gewaschen und in niedriger Temperatur getrocknet. Erfolgt die Krystallisation in gewöhnlicher Temperatur (bei 15 bis 20° C.), so erhält man Krystalle in Form von großen, vierseitigen, rhombischen Säulen (denen des schwefelsauren Magnesiums isomorph) von der Zusammensetzung $NiSO_4 + 7H_2O$; bei einer Temperatur von 30 bis 40° dagegen entstehen quadratische, bei 50 bis 70° monokline Krystalle, beide mit nur sechs Molecülen Wasser. Auch beim längeren Stehen der rhombischen Krystalle in der Wärme geben dieselben ein Molecül Wasser ab und verwandeln sich in ein undurchsichtiges Aggregat von Krystallen des quadratischen Salzes. In Wasser ist der Nickelvitriol leicht löslich, in Weingeist unlöslich; man kann das Salz daher auch durch Zusatz einer genügenden Menge Weingeist aus seiner Lösung abscheiden, wobei es in Form eines hellgrünlichen Pulvers niederfällt.

Mit schwefelsaurem Ammon bildet das schwefelsaure Nickel ein Doppelsalz, ebenfalls sechs Molecüle Wasser enthaltend und aus der gesättigten heißen Lösung in säulenförmigen Krystallen auskrystallisirend, welches statt des Nickelvitriols mitunter für die Herstellung der Nickelbäder benutzt wird.

Die Herstellung der Nickellösung, aus welcher das Salz durch Auskrystallisiren gewonnen wird, läßt sich durch Auflösen von metallischem Nickel in verdünnter Schwefelsäure unter Zusatz von etwas Salpetersäure und Eindampfen bis zur beginnenden Krystallausscheidung bewirken. Wo jedoch das Nickel im Großen dargestellt wird und insbesondere, wo man sich, wie es am meisten üblich ist, des nassen Weges bedient, um dasselbe von den übrigen, in den Nickelerzen auftretenden Metallen zu trennen, ist es natürlich nicht erforderlich, zuerst durch einen schwierigen Reductionsproceß aus dem von jenen Metallen geschiedenen Nickeloxyd das metallische Nickel darzustellen und dieses wieder aufzulösen, sondern man kann ohne Weiteres die gereinigte Nickellösung, beziehentlich die aus derselben durch Kalkmilch, Sodalösung oder andere Reagentien ausgefällte Nickelverbindung auf das schwefelsaure Salz verarbeiten. Die Methoden für die Trennung des Nickels von seinen Begleitern sind außerordentlich mannigfach und gehören der Metallurgie des Nickels im engeren Sinne an. Es sei daher nur erwähnt, daß man aus den Lösungen, welche man durch Behandlung der gerösteten Erze, Speisen oder der Nickelsteine mit Säuren erhält, Eisen nebst kleinen Mengen Arsen (größere Mengen des letzteren in den Speisen pflegen durch Schmelzen mit Soda und Salpeter und darauf folgendes Auslaugen mit Wasser entfernt zu werden) durch kohlensauren Kalk (Marmor, Kreide) ausfällt, nachdem zuvor die Lösung durch Zusatz von etwas Chlorkalk oxydirt worden war; Kupfer wird zum Theile ebenfalls durch kohlensauren Kalk ausgefällt; sind größere Mengen zugegen, so läßt sich dasselbe nebst etwa anwesendem Blei und Wismuth durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die angesäuerte von dem Eisen zuvor befreite Lösung niederschlagen; eine Trennung des Kobalts vom Nickel wird durch Zusatz von Chlorkalk zur völlig neutralen, heißen Lösung bewirkt, wobei Kobaltsesquioxyd ausfällt.

Beim Ausfällen von Nickelhydroxydul durch Kalkmilch läßt sich der Niederschlag von mitgefälltem Kalksalze befreien, wenn man ihn glüht, mahlt, mit Sodalösung in Fässern unter Dampfzuleitung kocht (zur Zersetzung des Gypses), die Natriumsulfat haltende Lösung entfernt, den Niederschlag auswäscht und schließlich mit salzsäurehaltigem Wasser behandelt, wodurch das zurückgebliebene Calciumcarbonat ausgezogen wird.

Das schon erwähnte für Galvanotechnik gut brauchbare Nickelammoniumsalz läßt sich auch aus Lösungen, welche noch kleinere Mengen Kupfer, Eisen, Kobalt enthalten, im reinen Zustande gewinnen, wenn man die freie Schwefelsäure enthaltende stark saure Nickellösung im mäßig concentrirten Zustande in eine Lösung von Ammoniumsulfat gießt. Der größte Theil des Nickels fällt als Nickelammoniumsulfat aus, Kupfer, Eisen, Kobalt bleiben in Lösung. Der Krystallbrei wird mit etwas kaltem Wasser gewaschen, und kann dann in kochendem Wasser gelöst und umkrystallisirt werden, nachdem man die Lösung mit Ammoniak genau neutralisirt hatte; oder man benutzt auch ohne Weiteres die erhaltene Lösung als Vernickelungsbad.

8) Manganpräparate.

Chamäleon, Kaliumpermanganat.

Dieses bekannte, in tief purpurrothen fast schwarzen Säulen krystallisirende und mit prächtig rother Farbe im Wasser sich lösende Salz hat die Formel $KMnO_4$. Es wird dargestellt durch Schmelzen von Braunstein mit Kaliumhydroxyd und Kaliumchlorat, Auslaugen der Schmelze und Auskrystallisiren. 500 kg Kalilauge von 45° B. (1,44 specif. Gew.) werden nach J. C. Sticht's Vorschrift mit 105 kg Kaliumchlorat eingedampft, wobei man allmälig unter Umrühren 180 kg gepulverten Braunstein zusetzt. Man fährt mit dem Erhitzen fort, bis alle Gasentwickelung aufgehört hat und die Masse ruhig fließt, läßt unter stetem Umrühren erkalten und bringt nun den pulverigen Rückstand in kleine eiserne Kessel, in welchen er zum Rothglühen und Sintern erhitzt wird. Es entsteht hierbei Kaliumchlorid und grünes Kaliummanganat. Die Schmelze wird nach dem Erkalten zerklopft, mit Wasser übergossen und einige Zeit der Ruhe überlassen, wobei das Kaliummanganat in lösliches Kaliumpermanganat, Kaliumhydroxyd und unlösliches Mangansuperoxydhydrat zerfällt:

$$3\,K_2MnO_4 + 3\,H_2O = 4\,KOH + 2\,KMnO_4 + MnH_2O_3.$$

Man gießt die klare Lösung ab, dampft bis zur Concentration ein und läßt krystallisiren. Die zurückbleibende Mutterlauge, welche außer dem Reste des Mangansalzes die verschiedenen Kaliumsalze enthält, wird zur Entfuselung des Branntweins und zu ähnlichen Zwecken benutzt.

Nach jener Methode erhält man aus 180 kg Braunstein 98 bis 100 kg Kaliumpermanganat; ein Drittel der zuerst gebildeten Mangansäure aber geht durch die Bildung des Mangansuperoxydhydrats verloren. Es sind deshalb verschiedene Vorschläge gemacht worden, durch Anwendung oxydirender Substanzen diesen Verlust zu vermeiden. Stäbeler leitet in die wässerige Lösung der Schmelze Chlor, wobei das ursprünglich vorhandene Manganat vollständig in Permanganat umgewandelt wird:

$$2\,K_2MnO_4 + Cl_2 = 2\,KCl + 2\,KMnO_4.$$

Das Kaliumpermanganat findet nicht nur in der analytischen Chemie und Pharmacie häufige Anwendung, sondern wird als Desinfectionsmittel, zum Bleichen, zum Braunfärben von Baumwolle und Holz u. s. w. vielfach benutzt. Auch ein Gemenge von Kalium- und Natriumpermanganat oder unter Umständen reines Natriumsalz, welches in ähnlicher Weise wie das Kaliumsalz oder auch durch Schmelzen von Manganoxyden mit Natronsalpeter dargestellt werden kann, gebraucht man für dieselben Zwecke.

9) Literatur.

A. Größere Werke.

Rudolf von Wagner, Handbuch der chemischen Technologie. Elfte Auflage. Leipzig 1880, S. 133 bis 165 (Metallpräparate).

Fr. Knapp, Lehrbuch der chemischen Technologie. Dritte Auflage. Braunschweig 1866. Erster Band, zweite Abtheilung, S. 699 bis 715 (Vitriole).

Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch. Dritte Auflage, bearbeitet von Fr. Kick und Wilh. Gintl. Prag 1876 bis 1881. Artikel: Blei, Eisen, Gold, Kupfer ꝛc.

Muspratt-Stohmann-Kerl, Theoretische, praktische und analytische Chemie. Dritte Auflage. Braunschweig. Artikel: Blei, Eisen, Gold, Kupfer, Mangan, Silber, Zink.

Fr. Jul. Otto, Ausführliches Lehrbuch der anorganischen Chemie. Vierte Auflage. Braunschweig 1863 bis 1872. Dritte Abtheilung, S. 323 (Mennige), 332 (Bleiweiß), 837 (Silbersalpeter), 897 (Goldchlorid), 905 (Goldpurpur). Zweite Abtheilung, S. 1026 (übermangansaures Kali), 1107 (Eisenvitriol).

H. v. Fehling, Handwörterbuch der Chemie. Braunschweig 1871 (1881). Artikel: Blei, Gold u. a.

Percy-Rammelsberg, Die Metallurgie des Bleis. Braunschweig 1872, S. 341 (Darstellung der Mennige in England).

Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Dritter Band, erste Abtheilung, erste Hälfte. Braunschweig 1875, S. 851 bis 859 (Uebermangansäuresalze), S. 873 (Nickelvitriol), 919 bis 923 (Zinkweiß), 935 bis 938 (Bleiweiß).

B. Abhandlungen.

Ueber Eisenvitrioldarstellung:

Ueber die Fabrikation des grünen Eisenvitriols mittelst Schwefelkies. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 96, S. 381 (aus dem Moniteur industriel von 1845).

H. Kugel, Verfahren zur Gewinnung von Eisenvitriol in Eisenwaarenfabriken. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1871, S. 670; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 202, S. 305.

Hr. Stähler, Die Kupfer- und Eisenvitriolsiederei zu Ducktown in Nordamerika. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1865, S. 249.

Ueber Kupfervitrioldarstellung:

W. Knocke, Die neue Kupfervitriolsiederei zu Oker. Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1859, S. 165; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 154, S. 423.

Hr. Stähler, Die Kupfer- und Eisenvitriolsiederei ꝛc.; siehe oben: Eisenvitrioldarstellung.

H. Wurtz, Ueber die Reinigung des Kupfervitriols von Eisen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 152, S. 319.

A. Bacco, Reinigung des Kupfervitriols von Eisen. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 162, S. 316.

Dr. Sauerwein, Reinigung des Kupfervitriols von Eisen. Monatsblatt des Hannoverschen Gewerbevereins 1861, Nr. 12; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 163, S. 462.

Ueber Grünspandarstellung:

A. Beringer, Ueber Grünspanbereitung. Dingler's Polyt. Journal, Bd. 91, S. 376.

L. E. Jonas, Ueber die Bereitung des Grünspans. Erdmann's Journal für praktische Chemie, Bd. 29, S. 192; Dingler's Polyt. Journ., Bd. 89, S. 120.

C. G. Wittstein, Ein Wink für Grünspanfabrikanten. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 466.

Ueber Bleiglätte:

F. Leblanc, Note sur la propriété que possède la litharge en fusion de dissoudre l'oxygène, et sur quelques circonstances, qui accompagnent la production de la litharge dans la coupellation en grand. Comptes rendus, tome 21, p. 293; Dingler's Polyt. Journ., Bd. 98, S. 34.

Wittstein, Ueber den Gehalt der Bleiglätte an beigemengtem Blei. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 194, S 84.

Ueber Mennigedarstellung:

C. L. Burton's Verfahren zur Fabrikation der Mennige. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 167, S. 361 (aus Practical Mechanics Journal 1863, p. 266).

M. Moissenet, Note sur la fabrication du minium à l'usine de Shrewsbury. Annales des mines, série 6, tome 1, p. 495. (Auszugsweise in Dingl. Polyt. Journ., Bd. 171, S. 207.)

G. Mercier, Étude sur le minium. Annales des mines, série 6, tome 19, p. 1; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 203, S. 29.

F. Lux, Maßanalytische Werthbestimmung der Bleimennige. Ztschr. f. analytische Chemie 1880, S. 153; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 236, S. 431.

Ueber Bleizuckerfabrikation:

Schnedermann, Bereitung des Bleizuckers aus Holzessig. Polyt. Centralbl. 1850, S. 9; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 115, S. 438.

C. Völckel, Ueber die Gewinnung von reinem Bleizucker aus Holzessig. Liebig's Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 82, S. 49; Polyt. Centralbl. 1852, S. 831.

W. Stein, Ueber Bleizuckerfabrikation. Polyt. Centralbl. 1852, S. 395 und 857; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 124, S. 121.

Th. Wichmann, Ueber Bleizuckerfabrikation. Polyt. Centralblatt 1853, S. 321; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 128, S. 57.

P. Pfund, Zur Bleizuckerfabrikation. Dingler's Polytechn. Journ., Bd. 216, S. 236.

E. Dollfus, Gewinnung von Aldehyd bei der Bleizuckerfabrikation. Polyt. Notizbl. 1875, S. 321; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 92.

F. Salomon, Bestimmung des Säuregehalts im Bleizucker und Bleiessig. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 222.

Ueber Bleiweißfabrikation.

Ueber die Bereitung des Bleiweißes. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 14, S. 320.

Neue Methode Bleiweiß zu bereiten. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 32, S. 120.

Verbesserungen in der Fabrikation des Bleiweißes. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 49, S. 445.

J. G. Gentele, Ueber die Bleiweißfabrikation. Dingler's Polytechn. Journ., Bd. 63, S. 196.

Ueber die neue von Herrn Richards in Philadelphia angegebene Methode der Bleiweißfabrikation. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 77, S. 288.

M. Payen, D'un phénomène observé dans les fabriques de carbonate de plomb. Annales de chimie et de physique, Série III, t. 16. p. 231. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 99, S. 374.

Lothman's Verfahren Bleiweiß zu fabriciren. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 106, S. 155.

Richardson's Verfahren Bleiweiß zu fabriciren. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 112, S. 204.

Rodger's Verfahren zur Bleiweißfabrikation. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 115, S. 443.

Bericht über die in Frankreich üblichen Methoden der Bleiweißfabrikation hinsichtlich ihres Einflusses auf die Gesundheit der Arbeiter. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 116, S. 138.

Ch. Barreswil, Ueber die Theorie der Bleiweißfabrikation. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 126, S. 299.

Dr. Grüneberg, Ueber eine neue Methode der Bleiweißfabrikation. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 162, S. 395.

Georg Lunge, Das Bleiwerk von Walker, Perkers u. Co. zu Chester. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 180, S. 43.

J. Major, Verfahren zur Bleiweißfabrikation. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 195, S. 271.

Girard's Verfahren zur Bleiweißfabrikation. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 189, S. 84.

Ferd. Brammer, Vervollkommnung des Loogen- oder Kammerverfahrens zur Herstellung von Bleiweiß. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 196, S. 146.

A. Bannow und G. Krämer, Ueber die Rothfärbung des Bleiweiß. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1872, S. 545; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 205, S. 271.

J. Lorscheid, Ueber die Rothfärbung des Bleiweiß. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1873, S. 21. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 207, S. 227.

K. von Weise, Ueber Bleiweißfabrikation. Polyt. Centralbl. 1873, S. 646; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 208, S. 434.

Ueber die Herstellung von Bleiweiß. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 71, Bd. 237, S. 244.

Ueber Zinkchlorid und Zinkvitriol:

E. Jäckel, Ueber die Zugutemachung zinkischer Nebenproducte, namentlich auf nassem Wege. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1862, S. 305.

W. Artus, Ueber die Bereitung eines reinen Zinkvitriols und Zinkoxyds. Erdmann's Journal f. praktische Chemie, Bd. 25, S. 508.

Ueber Zinkweißfabrikation:

Leclaire's Ofen zur Fabrikation von Zinkweiß. Dingler's Polyt. Journ., Bd. 112, S. 270.

F. Rochaz, Verfahrungsarten zur Fabrikation von Zinkoxyd als Bleiweißsurrogat. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 116, S. 54.

Payen, Fabrikation des Zinkweiß. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 122, S. 424.

W. J. Taylor, Fabrication de l'oxyde de Zinc près de Lancaster. Revue universelle des mines, t. 9, p. 236; auszugsweise in der Berg- und Hüttenm. Ztg. 1862, S. 264.

G. Darlington, Ueber die Darstellung des weißen Zinkoxyds direct aus den Erzen. Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1863, S. 293 aus Mining and Smelting Magazine, vol. III, Nr. 18.

Bemerkungen zu dem Aufsatze von Darlington: Ueber die Darstellung des weißen Zinkoxyds ꝛc. Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1863, S. 396.

H. Wedding, Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten. Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate 1877, S. 425 (Darstellung des Zinkweiß aus Franklinit).

Herstellung von Zinkweiß. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 370.

F. Meißner's Herstellung von Zinkweiß mit blanc fixe. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 382; Bd. 233, S. 431.

Parnell's Herstellung von Zinkoxyd. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 408.

Komorek's Herstellung von Zinkweiß. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 238, S. 96.

J. B. Orr, Verbesserungen in der Fabrikation des Zinkweiß. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1875, S. 1366.

Einige sonstige Literaturnachweise über Zinkweißdarstellung finden sich im 7. Bande dieses Handbuchs S. XLIV.

Ueber Goldchlorid und Goldsalz:

Ueber zwei neue Goldsalze, Goldchloridkalium und Goldchloridnatrium und deren Anwendung in der Photographie. Photogr. Archiv 1860, S. 79; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 156, S. 287.

J. Schnauß, Darstellung des reinen Goldchlorids und der in der Photographie gebrauchten Doppelsalze des Goldes. Photogr. Archiv 1861, S. 104; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 161, S. 202.

Prüfung des käuflichen Goldsalzes und Goldchlorids auf seine Reinheit. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 177, S. 251.

Darstellung des krystallisirten Goldchlorids. Aus Chemical News 1865, p. 283 in Dingl. Polyt. Journ., Bd. 177, S. 327.

J. J. Pohl, Einfache Werthbestimmung des sogenannten Goldsalzes. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 173, S. 355.

Ueber Goldpurpur:

Rep. Fuchs, Goldpurpur. Erdmann's Journal f. prakt. Chemie, Bd. 5, S. 318.

C. F. Capaun, Ueber die Darstellung des Goldpurpurs. Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 22; S. 153; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 79, S. 364.

A. Wächter, Bereitung von Schmelzfarben. Liebig's Annalen d. Chemie und Pharmacie, Bd. 68, S. 116.

J. C. Fischer, Historische und praktische Untersuchungen über die Natur des Goldpurpurs. Dingl. Polyt. Journ., Bd. 182, S. 31 u. 129.

M. H. Debray, Note sur le pourpre de Cassius. Compt. rend., tome 75, p. 1025; daraus Dingl. Polyt. Journ., Bd. 206, S. 292.

F. A. Bolley, Ueber die Darstellung des Goldpurpurs. Liebig's Ann., Aug. 1841, S. 244; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 83, S. 51.

Ueber Manganpräparate:

R. Böttger, Ueber die vortheilhafteste Bereitungsweise verschiedener mangansaurer Salze. Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 90, S. 156.

Gräger, Darstellung von übermangansaurem Kali. Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 96, S. 169; Polyt. Centralbl. 1866, S. 137.

J. C. Sticht, Ueber Darstellung des übermangansauren Kalis im Großen. Polyt. Centralbl. 1867, S. 614.

G. Staedeler, Darstellung des übermangansauren Kalis. Erdmann's Journ. f. prakt. Chem., Bd. 103, S. 107; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 189, S. 84.

E. Desclabissac, Ueber die Darstellung und Anwendung des mangansauren Alkalis. Verh. d. Ver. z. Beförderung d. Gewerbfl. in Preußen 1870, S. 142; Polyt. Centralbl. 1871, S. 639.

Sachregister.

A.

Adhäsion 198.
Aetzen 252. 256.
" galvanisches 258.
Alfenide 88.
Alpaka 88.
Aluminiumbronze 81.
Aluminiumlegirungen 5. 41. 81.
Amalgame 103.
Amboß 168.
Angießen 204.
Anion 219.
Anode 219.
Anschweißen 205.
Ansieden 229.
Antimonbleilegirungen 24. 42. 46.
Antimonlegirungen 5.
Antimonwismuthlegirungen 24.
Antimonzinklegirungen 33.
Antimonzinnlegirungen 23. 46.
Arbeitseigenschaften 114. 116.
Arbeitsstück 115.
Arco 79.
Argentan 88.
Aufziehen 186.
Aussaugen 121.

B.

Bahn (des Hammers) 183.
Barytweiß 300.
Beizen 233. 251.
Biegen 183.
Blanc fixe 300.
Bleiamalgame 31.
Bleiantimonlegirungen, siehe Antimonbleilegirungen.
Bleiarsenlegirungen 102.
Bleiglätte 294.
Bleigoldlegirungen 22.
Bleilegirungen 5. 100.
Bleipräparate 294.
Bleisilberlegirungen, siehe Silberbleilegirungen.
Bleithran 296.
Bleiweiß 297.
Bleizinnlegirungen, s. Zinnbleilegirungen.
Bleizucker 296.
Britanniametall 99.
Bronze 65.
Bronzirung 241. 271.
Brüniren 269. 271.
Bunsen's Element 224.

C.

Cadmiumbleilegirungen 28.
Cadmiumlegirungen 5.
Cadmiumwismuthlegirungen 28.
Chamäleon 307.
Chinasilber 88.
Christoflemetall 88.
Chromstahl 93.
Chrysochalk 73. 80.
Chrysorin 81.
Ciseliren 191.
Cohäsion 196.
Constante Legirungen 7.
Contactverfahren 230.

Coquillen 145.
Cupolöfen 140.
Cypervitriol 301.

D.

Dampfhämmer 172.
Daumenhammer 171.
Decapirung 233.
Deckmasse (beim Emailliren) 278. 280.
Dehnbarkeit 42. 152.
Diamantkitt 215.
Dichtigkeit 9.
Drittelsilberlegirung 86.
Drücken auf der Drehbank 189.
Dynamoelektrische Maschinen 226.
Dünnflüssigkeit 118.

E.

Eingelegte Arbeiten 284.
Einmalige Gußformen 145.
Eisenchromlegirungen 93.
Eisenkitt 214.
Eisenkupfer 38.
Eisenlegirungen 4. 93.
Eisenmanganlegirungen 33. 90.
Eisenpräparate 289.
Eisenüberzüge 244.
Eisenvitriol 289.
Eisenwolframlegirungen 94.
Elasticität 153.
Elektrode 219.
Elektrodynamische Maschinen 226.
Elektromotorische Kraft 221.
Elektrum 83.
Elemente zur Stromerzeugung 224.
Email champ levé 277.
Email cloisonné 277.
Emailliren 274.
Eßeisen 161.

F.

Fallwerk 168.
Färben 251.
Farbe der Legirungen 49.
Federhammer 171.
Ferromangan 91.
Festigkeit der Legirungen 33.
Finne (des Hammers) 183.
Förmerei 144.
Formgebung durch Dehnung 152.
" " Gießen 115.
Formkasten 147.
Frictionshammer 171.

G.

Galvanisches Aetzen 258.
Galvanisirtes Eisen 266.
Galvanographie 245.
Galvanoplastik 220. 233.
Galvanostegie 220. 239.
Galvanotechnik 219.
Gasentwickelung aus flüssigen Metallen 126.
Gefäßöfen 163.
Gelbbrennen 253.
Gelbguß 78.
Geschützbronze 8. 66.
Gießen 115.
Glanzbleche 269.
Glockenbronze 67.
Glühöfen 163.
Glühwachs 268.
Glycerinkitt 215.
Goldkupferlegirungen, siehe Kupfergoldlegirungen.
Goldlegirungen 4. 83.
Goldpräparate 304.
Goldpurpur 304.
Goldsalz 304.
Goldschlageloth 209.
Goldplatinlegirungen 46.
Goldsilberlegirungen 9. 21. 33. 40. 45. 56.
Goldzinnlegirungen, s. Zinngoldlegirungen.
Gongon 67.
Grundmasse (beim Emailliren) 278.
Grünspan 292.
Gußformen 144. 145. 148. 149.

H.

Hamburger Weiß 300.
Härte 40. 159.
Hammer 167.
Handhammer 168.
Hartblei 101.
Hartguß 151.
Hartloth 207.
Harzkitt 215.

Heliographie 246.
Herdflammöfen 135. 162.
Herdguß 146.
Hochätzen 257.
Hohlkörper, Erzeugung 185.
Holländisch Weiß 300.

J.

Incrustation 284.
Irisiren 274.

K.

Käsekitt 215.
Kaliber 178.
Kaltbruch 156.
Karatirung 83.
Kastenguß 147.
Kathode 219.
Kation 219.
Kehrwalzwerke 177.
Kerne (beim Formen) 144.
Kessel 130.
Kitten 216.
Kobaltlegirungen 5.
Kratzbürsten 233.
Kremnitzer Weiß 297.
Kremser Weiß 298.
Krigar's Cupolofen 143.
Krystallisation der Legirungen 32.
Kupferaluminiumlegirungen, s. Aluminiumkupferlegirungen.
Kupferbleilegirungen 8.
Kupfergoldlegirungen 9. 21. 39. 42.
Kupferlegirungen 4. 63.
Kupfermangan, siehe Mangankupfer.
Kupfernickellegirungen 37. 87.
Kupferpräparate 291.
Kupfersilberlegirungen 8. 19. 39. 42. 45. 56.
Kupfervitriol 291.
Kupferzinklegirungen 8. 17. 32. 36. 41. 45. 52. 54. 78.
Kupferzinnlegirungen 7. 11. 32. 34. 40. 44. 52. 54.

L.

Legirungen 1.
Leierziehbank 179.
Leimkitt 215.
Leonische Drähte 202.
Literatur 104. 192. 216. 246. 285. 308.
Löschtrog 162.
Löschwedel 162.
Looge 298.
Löthen 206.
Löthkolben 211.
Löthlampe 212.
Löthpasta 210.
Löthrohr 212.
Löthwasser 210.
Lungern 121.

M.

Manganbronze 77. 92.
Manganeisen, siehe Eisenmangan.
Mangankupfer 38. 92.
Mangankupferzink 92.
Manganlegirungen 89.
Manganneusilber 92.
Manganpräparate 307.
Mannheimer Gold 73. 81.
Maschinenbronze 74.
Massicot 294.
Mattbeize 254.
Mattbrennen, Mattiren 254.
Meidinger's Element 225.
Mennige 295.
Mennigekitt 214.
Messing 78.
Metallochromie 252.
Metallpräparate 289.
Metallüberzüge 259.
Minium 295.
Moirébleche 265.
Muffelofen 165.
Münzenbronzen 69.

N.

Neusilber 88.
Nickellegirungen 5. 87.
Nickelvitriol 305.
Niello 285.
Nobili'sche Farbenringe 274.

O.

Oreide 81.
Ornamentbronzen 69.

Oxydationsarbeiten 268.
Oxydation des Eisens 269.
" " Silbers 273.
Oxyde in den Metallen 59.

P.

Packfong 88.
Paillen 208.
Parallelhammer 168.
Pariser Roth 295.
Patina 55.
Patiniren 272.
Perlweiß 300.
Photogalvanographie 246.
Phosphorbronze 34. 76.
Pinchbeck 81.
Platingold 96.
Platiniridium 96.
Platinkupfer 95.
Platinlegirungen 5. 95.
Platinsilber 95.
Plattiren 202.
Pneumatische Hämmer 172.
Prägen 188. 191.
Pressen 174.
Prinzmetall 81.
Punzen 187. 191.

Q.

Quaternäre Legirungen 5.
Quecksilberlegirungen 5. 103.

R.

Rahmenhammer 168.
Reversirwalzwerke 177.
Riemenhammer 170.
Rohmangan 91.
Rose'sches Metall 46.
Rostkitt 214.
Rothbruch 156.
Rothguß 78.

S.

Saigerung 6.
Schablonenförmerei 148.
Schachtöfen 140.
Scheibenziehbank 179.
Schieferweiß 298.
Schlageloth 207. 208.
Schleppzangenziehbank 181.
Schmelzbarkeit 116.
Schmelzglas 274.
Schmelzöfen 129.
Schmelztemperaturen 43.
Schmiedefeuer 160.
Schnellbeize 253.
Schnellhammer 168.
Schnellloth 207.
Schriftmetall 101.
Schrotgießerei 115.
Schweißen 199. 205.
Schweißöfen 163.
Schwindung 119.
Sickenmaschine 185.
Sickenzug 181.
Sickerloth 207.
Silberbleilegirungen 22. 33.
Silbergoldlegirungen, siehe Goldsilberlegirungen.
Silberkupferlegirungen, siehe Kupfersilberlegirungen.
Silberlegirungen 4. 85.
Silberpräparate 303.
Silberschlageloth 208. 209.
Silberweiß 297. 298.
Similor 73.
Specifisches Gewicht, s. Dichtigkeit.
Specifische Wärme 47.
Spiegelbronze 68.
Spiegeleisen 90.
Sprödigkeit 159.
Staffordshireöfen 139.
Stahlbronze 92.
Stanzen 188.
Statuenbronze 69.
Stauchen 183.
Strengloth 207.
Strecken 182.

T.

Tafelvitriol 293.
Talmigold 73. 203.
Tamtam 67.
Tauchverfahren 229.
Tauschiren 284.
Ternäre Legirungen 5.
Thermoelektrische Batterien 226.

Thonkitt 215.
Tiefätzen 256.
Tiegelherdofen 134.
Tiegelöfen 131.
Tiegelschachtöfen 132.
Tombak 78.
Traubenvitriol 291.
Treiben 186.
Triowalzwerke 178.
Tulaarbeiten 285.

V.

Venetianer Weiß 300.
Verbindungsarbeiten 196.
Vergoldung 242.
Verkupferung 239.
Verlorner Kopf 121. 128.
Vermessingung 240.
Vernickelung 241.
Versilberung 243.
Verzinkung 244. 265.
Verzinnung 244. 260.
Vorherd bei Schmelzöfen 141.

W.

Walzenkaliber 178.
Walzwerke 175.
Wärmeleitungsfähigkeit 48.
Weichloth 207.
Weißbleche 261.
Weißguß 98.
Weißkupfer 88.
Weißloth 207.
Weißmetall 98.
Weißsieden 254.
Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse 53.
Wippen 170.
Wismuthbleilegirungen 29.
Wismuthgoldlegirungen 30.
Wismuthlegirungen 5.
Wismuthloth 208.
Wismuthsilberlegirungen 29.
Wolframstahl 94.
Wood's Metall 46.

Z.

Zähigkeit 159.
Ziehbänke 179.
Ziehen 179.
Ziehloch 179.
Zinkbutter 302.
Zinkchlorid 301.
Zinklegirungen 5. 102.
Zinkpräparate 300.
Zinkvitriol 300.
Zinkweiß 302.
Zinkzinnlegirungen 9.
Zinnamalgame 30.
Zinnantimonlegirungen, siehe Antimonzinnlegirungen.
Zinnbleilegirungen 26. 42. 46. 56. 97.
Zinnbrillanten 115.
Zinncadmiumlegirungen 25.
Zinnflecke 7.
Zinngießerei 150.
Zinngießerloth 208.
Zinngoldlegirungen 27. 33.
Zinnlegirungen 4. 96.
Zinnprobe 98.
Zinnsilberlegirungen 26.
Zinnwismuthlegirungen 25.
Zusammenschmelzen 204.
Zuschlagehammer 168.



























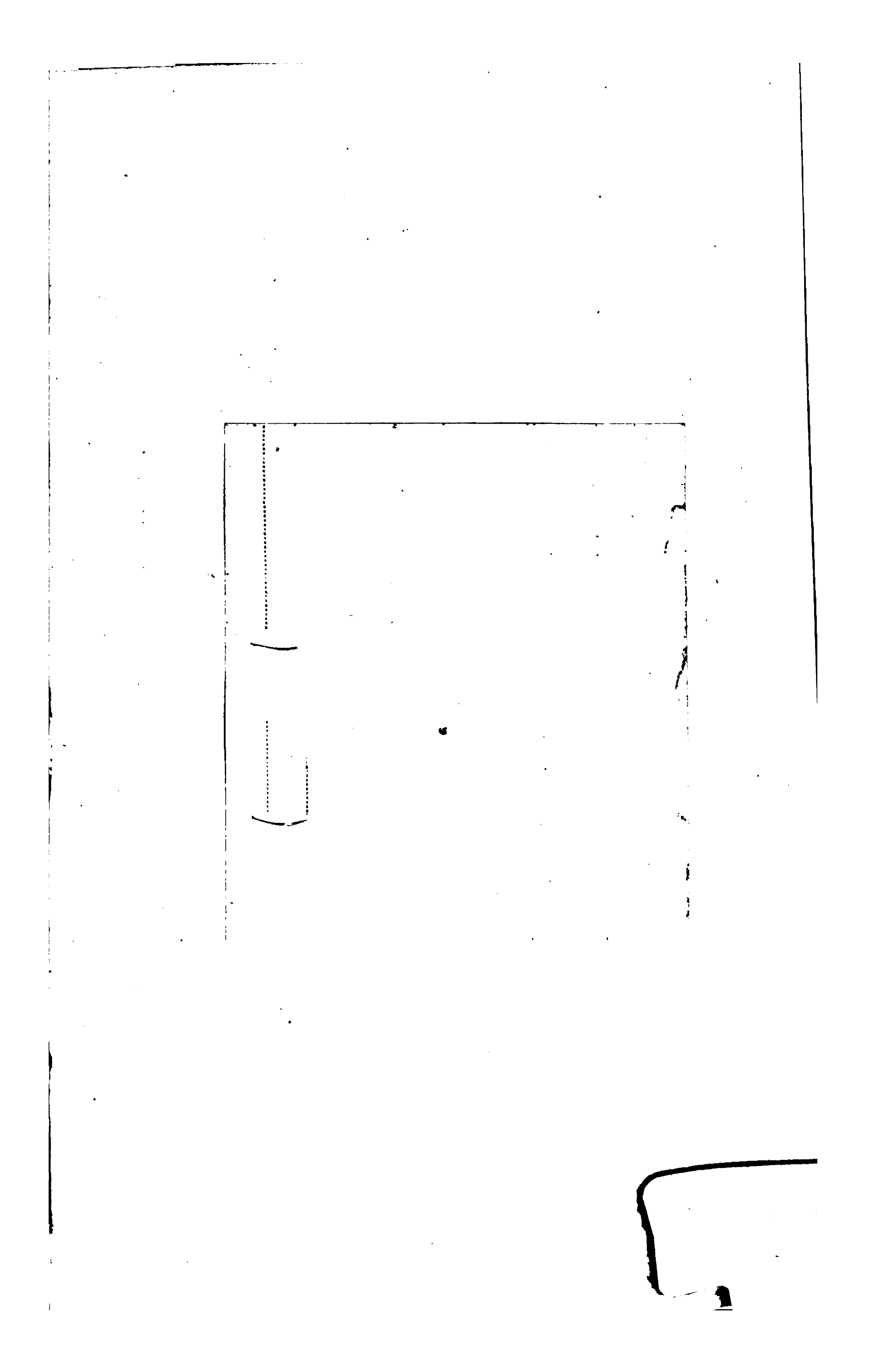


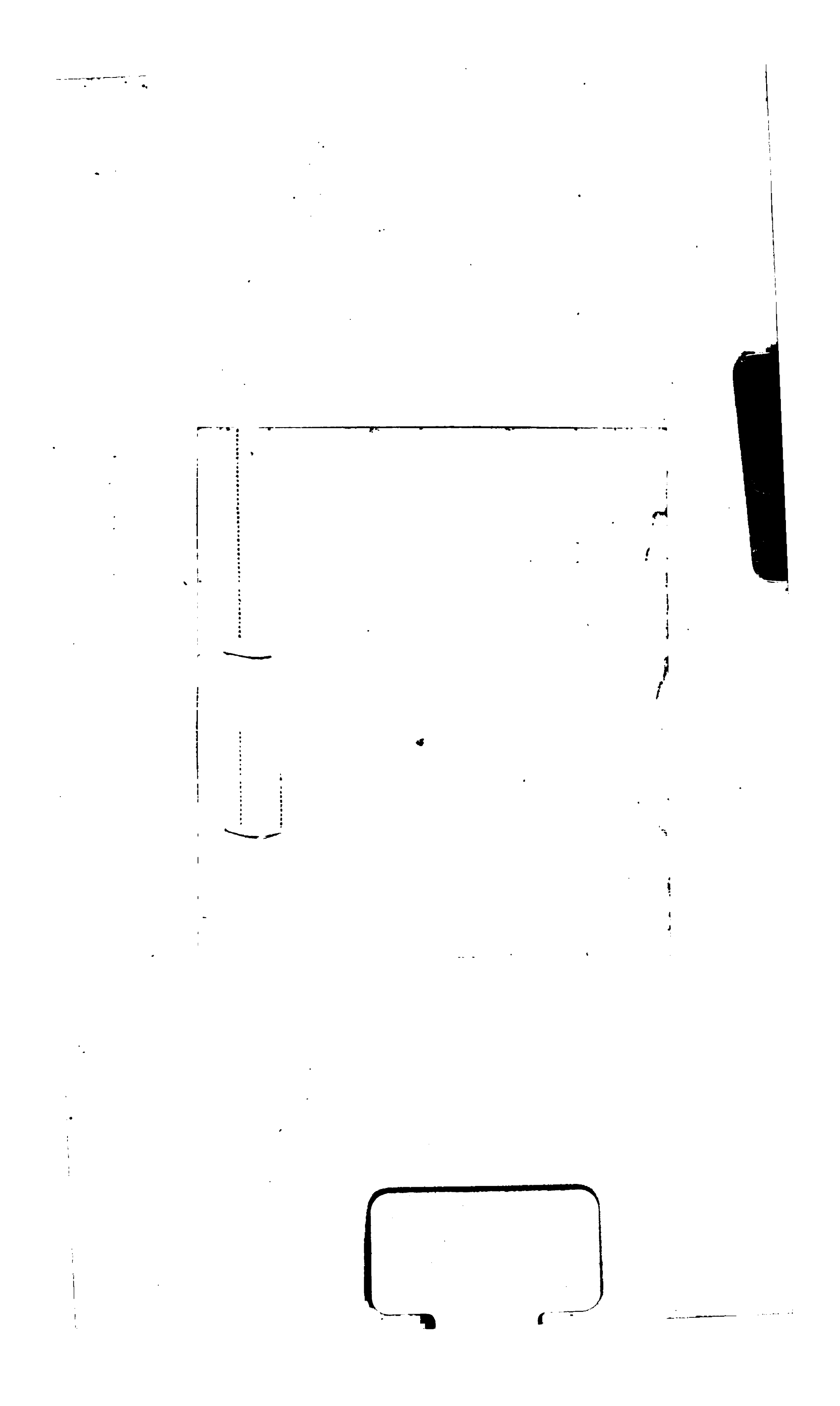













Chem 7008.1 etc
Die metallurgie.
Cabot Science
003470749
3 2044 091 972 620